

In tiefer Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet

Aus der Orthopädischen Klinik
Direktor: Professor Dr. J. Grifka

Klinikum
der Universität Regensburg

Postdiskotomiesyndrom:
Ultraschallgestützte Darstellung
der
Rückenstreckmuskulatur
nach Alteration

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

vorgelegt von Isa Russo
aus Gießen

2009

Dekan: Professor Dr. med. Bernhard Weber

1. Berichterstatter: Professor Dr. med. Joachim Grifka

2. Berichterstatter: Professor Dr. med. Martin Fleck

Tag der mündlichen Prüfung: 15.07.2010

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung und Fragestellung	9
I.1.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund	9
I.1.2 Zielsetzung der Arbeit	9
I.1.3 Anatomische Grundlagen	10
I.1.4 Bandscheibenbedingte Erkrankungen	12
I.1.5 Postdiskotomiesyndrom	13
I.1.5.1 Definition	13
I.1.5.2 Ätiologie und Pathogenese	13
I.1.5.3 Klinische Symptome	14
I.1.5.4 Diagnosestellung	15
I.1.6 Diagnostische Verfahren	16
I.1.6.1 Röntgenbild	16
I.1.6.2 Myelographie	16
I.1.6.3 Computertomographie	17
I.1.6.4 Post-Myelo-Computertomographie	17
I.1.6.5 Kernspintomographie	17
I.1.7 Therapiemöglichkeiten des lumbalen Bandscheibenvorfalls	20
I.1.7.1 Operationstechniken	20
I.1.7.1.1 Offene Diskektomie	20
I.1.7.1.2 Mikrodiskektomie	20
I.1.7.1.3 Vollendoskopische Bandscheibenoperation	21
I.1.7.1.4 Chemonukleolyse	21
I.1.7.1.5 Perkutane lumbale Diskotomie	21
I.1.7.1.6 Laserdiskotomie	22
I.1.7.2 Konservative Alternativen	22
I.1.8 Therapieansätze beim Postdiskotomiesyndrom	23

II. Material und Methode	23
II.2.1 Patientenkollektiv	23
II.2.2 Untersuchungsverfahren im Überblick	26
II.2.2.1 Anamnese	26
II.2.2.2 Klinische Untersuchung	27
II.2.2.3 Konventionelle Sonographie	27
II.2.2.4 Multidirektionales Aufnahmeverfahren des Ultraschalls	31
II.2.2.5 Oswestry Score	34
III. Ergebnisse	35
III.3.1 Auswertung des Oswestry-Score	35
III.3.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung	36
III.3.3 Geschlechtsbezogene Darstellung der Ergebnisse	37
III.3.4 Altersbezogene Darstellung der Ergebnisse	40
III.3.5 Ermittelte Muskelgrößen und Narbenvolumina im Compounding-Verfahren	43
III.3.6 Lineare Näherungsformel für das Narbenvolumen	44
III.3.7 Gegenüberstellung der erfassten Parameter und klinischen Beschwerden	45
IV. Diskussion	49
V. Zusammenfassung und Ausblick	53
VI. Literaturverzeichnis	54
VII. Anhang	59
Danksagung	66
Curriculum vitae	67

Tabellenverzeichnis

1: Patientengut in Abhängigkeit von Lokalisation, Anzahl der Operationen und Geschlecht	24
2: Geschlechtsbezogene Verteilung des Patientenguts in Abhängigkeit von betroffener Segmenthöhe	25
3: Altersabhängige Verteilung der Probanden nach Geschlecht	25
4: Geschlechtsabhängige Verteilung der Ergebnisse des Oswestry-Score nach Schweregrad	36
5: Exakter Test von Fisher	36
6: Chi-Quadrat-Test	36
7: Geschlechtsabhängige Verteilung der Arbeitsunfähigkeit und Rentenanträge	37
8: Geschlechtsabhängige Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse	38
9: Geschlechtsabhängige Darstellung der Narben-und Muskelparameter	38
10: Altersbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse	41
11: Alterbezogene Darstellung der Narben-und Muskelparameter	41
12: Mittelwerte von Muskelgröße und Narbenvolumen im Compounding-Verfahren	44
13: Gegenüberstellung verschiedener Parameter mit Angabe von Korrelationskoeffizient nach Pearson und Signifikanz	48
14: Mittelwerte der Narbenparameter	48
15: Standardabweichungen der Narbenparameter	48
16: Ergebnisse des zweiseitigen t-Tests	49

Abbildungsverzeichnis

1: Darstellung der Anteile eines lumbalen Bewegungssegmentes (Sobotta, 1993)	11
2: Stadien der Bandscheibendegeneration (Krämer, Grifka, 2007)	12
3: Computertomograph Tomoscan AV	17
4: T1 gewichtetes NMR-Bild eines lumbalen Bandscheibenvorfalls (Brinks, 2002)	19
5: Patientengut in Abhängigkeit von Lokalisation, Anzahl der Operationen und Geschlecht	24
6: Geschlechtsbezogene Verteilung des Patientenguts in Abhängigkeit von betroffener Segmenthöhe	25
7: Altersabhängige Verteilung der Probanden nach Geschlecht	26
8: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im Querschnitt über dem Dornfortsatz	28
9: Sonographiebefund im Querschnitt über dem Dornfortsatz	28
10: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im paramedianen Längsschnitt über den Wirbelbögen	29
11: Sonographiebefund im paramedianen Längsschnitt über den Wirbelbögen	29
12: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im Längsschnitt über den Wirbelgelenken	30
13: Sonographiebefund im Längsschnitt über den Wirbelgelenken	30
14: Aufnahme multidirektionaler Echodaten von einer Seite durch einen automatisch gesteuerten Sektorskanner	31
15: Ansicht auf den Rücken: Transducerpositionen	32

16: Graphik zur Darstellung der Ankopplung des Ultraschallwandlers an den Rücken	32
17: Ultraschallwandler	33
18: Compounding-Bild eines Patienten mit unterbrochener Faszie des M. multifidus auf der linken Seite	33
19: Compounding-Bild eines Patienten mit Narbengewebe auf der linken Seite	34
20: Geschlechtsbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse	39
21: Geschlechtsbezogene Darstellung der Narben-und Muskelparameter	40
22: Altersbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse	42
23: Altersbezogene Darstellung der Narben-und Muskelprarameter	43
24: Streudiagramm der Variablen Narbenvolumen und Oswestry-Score	45

Verzeichnis der Abkürzungen

BS	Bandscheibe
Bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
et al.	et alteri
FBSS	failed back surgery syndrome
Ggf.	gegebenenfalls
Li	links
Lig.	ligamentum
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
NA	Narbe
PDS	Postdiskotomiesyndrom
Re	rechts
u. a.	und andere
vs	versus

I. Einleitung und Fragestellung

I.1.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund

Rückenschmerzen zählen zu den häufigsten Erkrankungen der Bevölkerung in Deutschland. Sie verursachen enorme gesamtwirtschaftliche Kosten. Laut Gesundheitsbericht für Deutschland Mitte der 90er Jahre entfielen ca. 10 Mrd. Euro auf die direkten medizinischen Kosten für die Krankheitsgruppe „Rücken“. Hinzu kamen noch indirekte Kosten von Produktivitätsausfällen, die durch Arbeitsunfähigkeit oder Frühberentung zustande gekommen sind und jährlich ca. 10-15 Mrd. Euro betrugen (KOHLMANN, SCHMIDT, 2005). Im Jahr 2002 waren die Krankheiten der Wirbelsäule und des Rückens mit einem Anteil von 30% bei beiden Geschlechtern die häufigste Ursache für die Leistungen der gesetzlichen Rentenversicherung zur medizinischen Rehabilitation.

Nach KRÄMER (1998) entfallen 92,7% der Wirbelsäulenerkrankungen auf degenerative Bandscheibenschäden. Nahezu zwei Drittel aller bandscheibenbedingten Erkrankungen treten an der Lendenwirbelsäule auf. Wirbelsäulensyndrome treten mit einer großen Häufigkeit auf und führen zu 20 % aller krankheitsbedingten Arbeitsausfälle sowie 50 % der beantragten Frührenten (KRÄMER, 1997). Sie können in Extremfällen schon frühzeitig zu einer Erwerbsunfähigkeit führen. Frauen erkranken unter den ambulant behandelten Patienten insgesamt mit 52,8% etwas häufiger als Männer mit 47,2%, wobei das Lumbalsyndrom etwas häufiger bei Männern auftritt. Bei den schweren, stationär zu therapierenden und eventuell operationspflichtigen Fällen erhöht sich ihr Anteil weiter.

Bandscheibenerkrankungen können in der Mehrzahl der Fälle (ca. 80%) konservativ behandelt werden. Die übrigen 20 % müssen sich einer Operation unterziehen (MÖLLER, 2001).

Der Einsatz moderner präoperativer Untersuchungsmethoden wie Computertomographie und Kernspintomographie, standardisierter Operationstechniken sowie erfahrener Operateure erhöht die Erfolgchancen einer Operation. Trotz gelungener Operation ist mit postoperativen Schmerzen zu rechnen. Es handelt sich hierbei um dauernde Schmerzen, die von dem operierten Wirbelsegment ausgehen. KRÄMER (1998) bezeichnet diese Art der Beschwerden als Postdiskotomiesyndrom.

I.1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die hohe Anzahl unbefriedigender Ergebnisse nach Bandscheibenoperationen trotz intensiver Bemühungen mit dem Resultat eines Postdiskotomiesyndroms sollte Anlass zur Erforschung der Pathogenese geben.

Da der Effekt der Muskelnarbe sowie die Schädigung des Ramus dorsalis auf die Entstehung des Postdiskotomiesyndroms bisher nicht ausreichend untersucht wurden, erfolgte die Durchführung vorliegender Arbeit. Die Ausprägung von lokalem Narbengewebe im Bereich des betroffenen Wirbelsäulensegmentes im Hinblick auf die klinische Beschwerdesymptomatik sollte erörtert werden, um die Pathogenese und Auswirkungen des Postdiskotomiesyndroms besser nachvollziehen zu können.

Aufgrund der mittels Ultraschall gut zugänglichen Rückenmuskulatur im Bereich des M. erector spinae sollten diagnostische Verfahren wie das multidirektionale Aufnahmeverfahren des

Ultraschalls zur Quantifizierung der Narbenausdehnung und zur Erfassung der Muskeldicke angewandt werden. Des Weiteren sollte anhand der Ergebnisse eine Gegenüberstellung mit den klinischen Untersuchungen erfolgen, bei der der Einfluss der Narbenausdehnung und der Muskeldicke auf das Postdiskotomiesyndrom untersucht werden sollte.

Das multidirektionale Aufnahmeverfahren, welches zur besseren bildlichen Auflösung unter Verminderung der Speckles entwickelt wurde (PESAVENTO, 1999), sollte als Untersuchungsmethode zur exakten Differenzierung zwischen Muskulatur und Narbengewebe zur Anwendung kommen. Zudem sollten Bezüge zwischen Alteration der Muskelgröße im lumbalen Bereich und der klinischen Beschwerdesymptomatik aufgezeigt werden.

I.1.3 Anatomische Grundlagen

Die Wirbelsäule des Menschen (*Columna vertebralis*), welche sich aus den fünf Abschnitten Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule sowie Kreuz- und Steißbein zusammensetzt, erfüllt als Stützgerüst des Menschen wichtige Aufgaben im Bezug auf die Statik des Bewegungsapparates. Sie sorgt mit 24 präsakralen Wirbeln, Bandscheiben und Ligamenten für eine bedarfsangepasste Beweglichkeit, welche durch zahlreiche muskuläre und ligamentäre Züge im Ausmaß ihrer Bewegungen kontrolliert wird. Gleichzeitig übernimmt sie zusammen mit den Bandscheiben die Funktion als Federsystem und bietet dem mechanisch gefährdeten Rückenmark ausreichenden Schutz vor äußeren Gewalteinwirkungen.

Im Alltag ist die Wirbelsäule des Menschen in unterschiedlichem Maße verschiedensten Beanspruchungen ausgesetzt, die zweifellos im Laufe der Zeit zu Abnutzungerscheinungen führen. Dabei beginnt die Degeneration der Bandscheibe schon im frühen Kindesalter mit der Obliteration der bis dahin den Anulus fibrosus der Bandscheibe versorgenden interlamellären Blutgefäße, welche den Nucleus pulposus jedoch zu keinem Zeitpunkt erreichen. Von da an durchläuft die Morphologie der Bandscheibe altersspezifische Veränderungen.

Abhängig von genetischer Disposition, Beruf und Freizeitbeschäftigungen leidet ein Großteil der Bevölkerung unter vertebrealen Beschwerden unterschiedlicher Ausprägung, welche in einem nicht unbedeutenden Maße den Alltag zu beeinflussen vermögen. Dabei können sich pathologische Veränderungen an verschiedenen Strukturen der Wirbelsäule manifestieren.

Die Bau- und Funktionseinheit in der Definition nach Junghanns (1951) stellt das Bewegungssegment dar, welches sich aus Bandscheibe, benachbarten Wirbel, vorderem und hinterem Längsband, gelbem Band, Wirbelgelenken sowie benachbarter Weichteile zusammensetzt und durch Summation eine gewisse Verformbarkeit entstehen lässt, die für innere Organe sowie für die Erhaltung des Gleichgewichtes von Bedeutung ist (Abb. 1).

Dabei besitzt die Bandscheibe bestehend aus Gallertkern, dem Nucleus pulposus, und umgebendem Faserring, dem Anulus fibrosus, eine wesentliche Funktion im Bewegungssegment. Durch ihre enorme Fähigkeit zur Flüssigkeitsspeicherung, die durch einen hohen Anteil an Glykosaminoglykanen im Bereich des Nucleus pulposus erreicht wird, kann sie als ein mit Flüssigkeit gefülltes Polster betrachtet werden und ihrer Funktion als Druckverteiler gerecht werden.

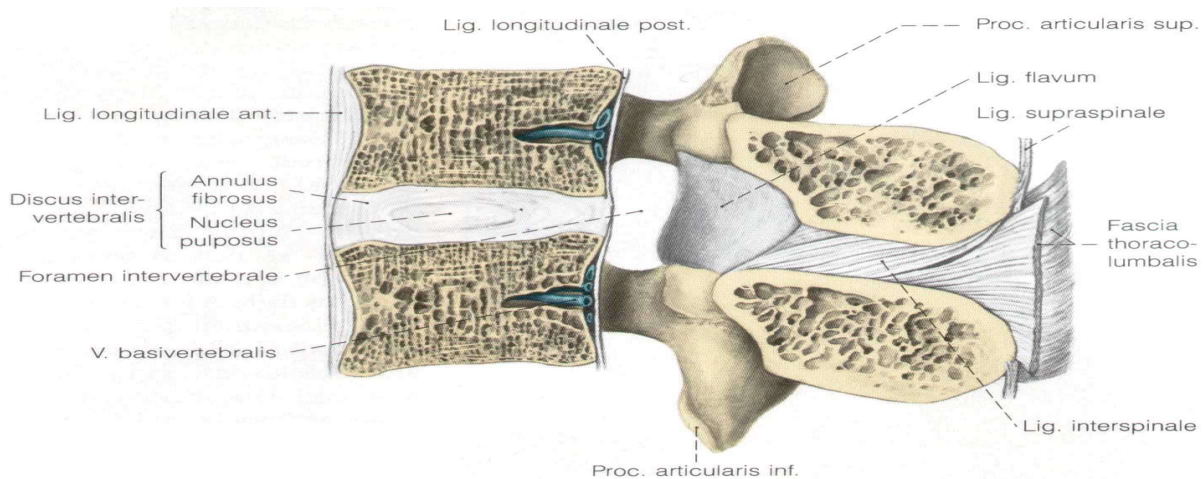
An der Wirbelsäule finden sich insgesamt 23 paarige Wirbelgelenke (*articulationes intervertebrales*), wobei jeder Wirbel jeweils zwei obere und untere Gelenkfortsätze aufweist, die von einer Gelenkkapsel umhüllt sind (*processi articulares inferiores und superiores*). Der untere

Gelenkfortsatz des oben liegenden Wirbels bildet mit dem oberen Gelenkfortsatz des unteren Wirbels ein Zwischenwirbelgelenk, das Facettengelenk. Die Beweglichkeit zwischen den einzelnen Wirbelkörper ist nicht groß, doch durch das Zusammenspiel aller Wirbelgelenke bietet die Wirbelsäule insgesamt ein großes Bewegungsausmaß.

Physiologischerweise sind die Blutgefäße der Wirbelkörper vollständig durch knorpelige Endplatten von den intervertebralen Bandscheiben getrennt. Letztere selbst ist gefäßfrei und wird passiv durch Diffusion ernährt. Aus diesem Grunde ist sie abhängig vom Kontakt zwischen den Blutgefäßen und dem hyalinen Knorpel der Endplatte. Eine maximale Kontaktfläche von 80 % herrscht im Bereich des Nucleus pulposus.

Der Mensch besitzt 31 Spinalnervenpaare. Jeder Spinalnerv entsteht aus den vereinigten ventralen und dorsalen Wurzelfasern (Radix ventralis und dorsalis). Er ist ein gemischter Nerv, der sensible (afferente) und motorische (efferente) Fasern enthält. In Höhe der Foramina intervertebralia teilt sich der Spinalnerv in die verschiedenen Spinalnervenäste Ramus ventralis, Ramus dorsalis, Ramus meningeus, Ramus communicans albus und Ramus communicans griseus. Der Ramus meningeus verläuft als rückläufiger Ast zu den Rückenmarkshäuten. Die Rami communicantes bilden Nebenschaltungen zu und von den Grenzstrangganglien. Während der Ramus ventralis zu den ventralen und lateralen Körperabschnitten sowie zu den Extremitäten verläuft, versorgt der Ramus dorsalis die Rückenhaut und autochthone Rückenmuskulatur. Kommt es bei einem operativen Eingriff zu einer Schädigung des Ramus dorsalis, können eine Sensibilitätsstörung im entsprechenden Dermatom sowie die Parese der entsprechenden Muskelgruppe hervorgerufen werden. Auch die Facettengelenke werden vom Ramus dorsalis innerviert und können durch Reizung ein Facettensyndrom mit Rückenschmerzen hervorrufen. Bei Reizung des Ramus dorsalis ist eine Mitreaktion des Spinalnervs möglich mit dem Resultieren eines pseudoradikulären Syndroms.

Abb. 1: Darstellung der Anteile eines lumbalen Bewegungssegmentes, Sobotta S. 25, 1993



I.1.4 Bandscheibenbedingte Erkrankungen

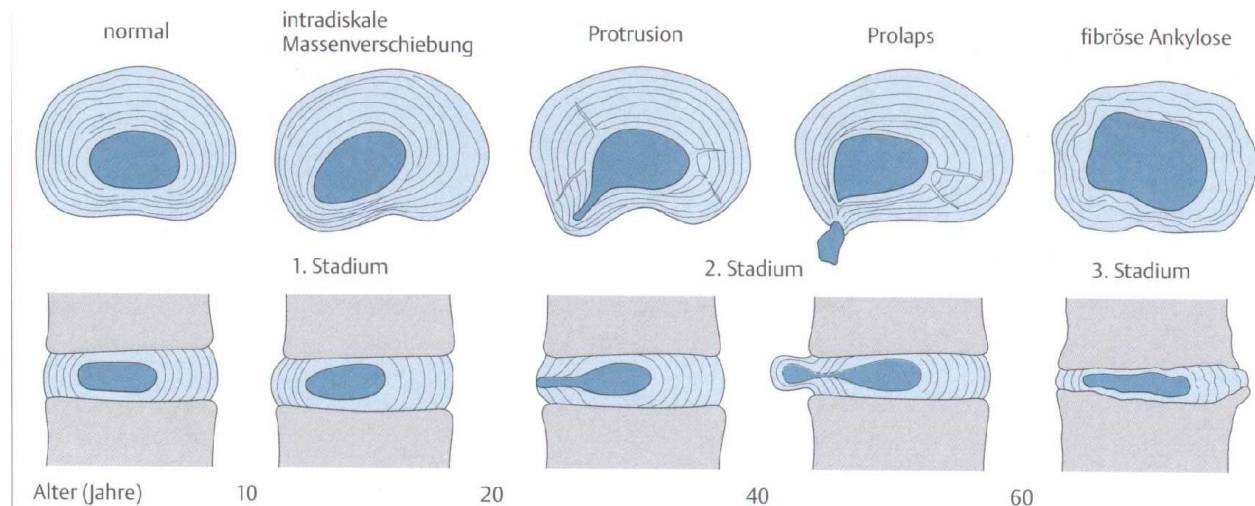
Degenerative Prozesse, die sich im Laufe der Zeit im Bandscheibenbereich abspielen, werden nach KRÄMER (1998) als Diskosen bezeichnet. Das bradytrophe Gewebe der Bandscheibe unterliegt einem physiologischen Alterungsprozeß. Zu den Ursachen degenerativer Bandscheibenerkrankungen zählen Quelldruckverlust, Fissurbildungen und Zermürbungserscheinungen der Bandscheibe, welche durch Austrocknung des sonst flüssigkeitsreichen Nucleus pulposus einer Bandscheibe bedingt sind. Pränatale Entwicklungsstörungen, statische Überbelastung, unphysiologische Bewegungen, falsche Körperhaltung, Erschütterungen sowie Bewegungsmangel können den Alterungsvorgang beschleunigen. Die zusätzliche Abnahme der Zugkraft und Elastizität im höheren Alter fördert die Entstehung der Diskosen.

Konsequenzen ergeben sich durch Verlagerung von Bandscheibenmaterial mit der Ausbildung einer Bandscheibenprotrusion oder eines Bandscheibenprolapses, welche nicht selten mit quälenden Schmerzen einhergehen und einen unterschiedlich großen Verlust an Lebensqualität bedingen. Durch die starke Belastung ist meist die untere Lendenwirbelsäule in Höhe der Segmente L4, L5 und S1 betroffen (CASSAR, 1998).

Klinisch wird die Protrusion vom echten Prolaps, dem Bandscheibenvorfall, unterschieden (Abb. 2). Während es sich bei der Protrusion um eine Vorwölbung der Bandscheibe bei intaktem Anulus fibrosus handelt, ist der Prolaps durch Vorfall von Bandscheibengewebe mit Perforation des Anulus fibrosus gekennzeichnet (KRÄMER, 2001). Als weitere Form ist die Sequesterbildung abzugrenzen, bei der eine Migration von kleinen Fragmenten der Bandscheibe in den epiduralen, selten intraduralen Raum stattfindet.

Das Prädispositionsalter für Bandscheibenvorfälle liegt unterhalb von 60 Jahren. Danach tritt eine Rigidität der Bandscheibe auf und es entstehen häufig eine Facettengelenksarthrose und sekundäre Spinalkanalstenose.

Abb. 2: Stadien der Bandscheibendegeneration
(Orthopädie, Unfallchirurgie, S.157, KRÄMER, GRIFKA, 2007)



Tritt klinisch eine begrenzte Wirbelsäulensymptomatik auf, handelt es sich um ein lokales Wirbelsäulensyndrom. Bei Ausstrahlung der Schmerzsymptomatik, welche durch Beeinträchtigung einer Nervenwurzel hervorgerufen wird, handelt es sich abhängig von der Lokalisation um ein radikuläres Zervikal-, Thorakal- oder Lumbalsyndrom. Davon zu unterscheiden ist das pseudoradikuläre Zervikobrachial-, Thorakal- oder Lumbalsyndrom, welches keiner bestimmten Nervenwurzel zuzuordnen ist.

Die Konsequenzen der Bandscheibenvorwölbung sind von multiplen Faktoren abhängig. In erster Linie spielen die Richtung des Prolapses, die Größe der Läsion und die Progredienz für den Verlauf der Erkrankung eine bedeutende Rolle. Häufig besteht abhängig von der klinischen Symptomatik die Notwendigkeit einer Diskotomie, welche jedoch unerwünschte Folgen wie einen rezidivierenden Prolaps, Spondylodiscitis, Arachnoiditis und ein Postdiskotomiesyndrom nicht mit Sicherheit ausschließen kann. Eine strenge Indikationsstellung zum operativen Eingriff durch eine sorgfältige Auswahl der Patienten ist daher von großer Bedeutung.

I.1.5 Postdiskotomiesyndrom

I.1.5.1 Definition

KRÄMER (1998) beschreibt das Postdiskotomiesyndrom als ein postoperativ nach Diskotomie entstandenes Schmerzsyndrom, welches durch Segmentinstabilität gekennzeichnet und auf eine funktionale Untauglichkeit zurückzuführen ist. Er bezeichnet mit diesem Begriff postoperative Beschwerden, welche durch eine Kombination von epiduraler Narbenbildung, lokaler Arachnoiditis und segmentaler Instabilität mit Irritation der Nervenwurzel verursacht werden.

I.1.5.2 Ätiologie und Pathogenese

Das Postdiskotomiesyndrom entsteht als unerwünschte Folge nach operativen Eingriffen bei Bandscheibenvorfällen. Die in der Literatur angegebene Häufigkeit des Risikos des Auftretens eines Postdiskotomiesyndroms variiert stark. Laut FRYMOYER (1992) liegt sie unabhängig von dem eingesetzten Operationsverfahren bei 10-15 %, während sie bei MANCHIKANTI (2000) 20-50 % und bei HEDTMANN (1992) ca. 40 % beträgt.

Ätiologische Faktoren können unterschiedlicher Herkunft sein und schließen einen rezidivierenden Bandscheibenprolaps, postoperative epidurale Fibrose, spinale Stenose, Bildung einer Pseudomeningozele, Arachnoiditis, mechanische Instabilität nach Laminektomie, Dura- und Nervenwurzelschäden, Spondylitis, Spondylodiscitis, Arthritis der Intervertebralgelenke (Facettensyndrom) und sogar Fehloperation am falschen Segment ein. Am häufigsten sind jedoch ein wiederkehrender Bandscheibenprolaps, eine epidurale Fibrose oder eine Kombination aus beiden zu finden. Aber auch psychische Faktoren spielen in der Ätiologie des PDS eine gewisse Rolle.

Die entstandene Schmerzsymptomatik beim PDS wird begünstigt durch das intraoperativ erzeugte Trauma, eine epidurale Blutung aus Venen oder laminotomiertem Bogen sowie das Ausräumen der Bandscheibe. Das Ausmaß der Narbenbildung ist dabei abhängig von der Größe des Hautschnittes, der folgenden Wundheilungsphase sowie dem Volumen des postoperativen Hämatoms. Verwachsungen durch bindegewebige Organisation von Blut und Wundsekret im

Epiduralraum einerseits sowie eine Schädigung von Dura- und Nervenstrukturen im Subarachnoidalraum andererseits kommt somit eine gewisse Bedeutung bei der Entstehung des PDS zu (KRÄMER, 1980).

Im Rahmen eines Entzündungsprozesses entwickelt sich kollagenes Gewebe, welches einer Narbe ähnelt. Die Narbenbildung findet im Zeitraum von sechs Wochen bis zu sechs Monaten nach der Operation statt. Die Inzidenz epiduraler Fibrosebildung ist sehr variabel und schwankt zwischen 10-75%. Als Stimulus der Fibrosebildung werden ebenfalls Wollpartikel von intraoperativ eingebrachten Schwämmen bzw. Tüchern in Zusammenhang gebracht (JAYSON, 1992). Aber auch eine prolabierte Bandscheibe kann unabhängig von einem chirurgischen Eingriff auf Dauer einen Reiz zur Fibroseproduktion darstellen (FAN, 1995).

Ebenfalls spielt die iatrogene Läsion am Ramus dorsalis, der die autochtone Rückenmuskulatur und die entsprechenden Hautdermatome innerviert, eine wesentliche Rolle im Hinblick auf die Ätiologie des Postdiskotomiesyndroms. Auch die durch Entfernung von Bandscheibengewebe entstandene Lockerung und Höhenverminderung des Zwischenwirbelabschnittes fördert über Segmentinstabilität die Ausbildung eines PDS.

Während der Diskotomie sollte das Ziel daher sein, die Umgebungsstrukturen so weit wie möglich zu schützen, insbesondere sollte eine nur umschriebene Ablösung der Muskelinsertion, die Vermeidung transmuskulärer Vorgehensweisen, die Schonung knöcherner Anteile sowie eine nur partielle Flavektomie erfolgen (GRIFKA, 1999).

In einer retrospektiven Studie von 181 operierten Patienten mit PDS zeigte sich als Ursache der wiederkehrenden Schmerzen häufig eine Spinalkanalstenose. Weitere Ursachen waren schmerzhafte Bandscheiben, Pseudoarthrose, neuropathischer Schmerz, Instabilität und psychologische Faktoren (WAGUESPACK et al., 2002).

Nach BURTON (1981) wird die Häufigkeit einer spinalen Stenose als Ursache der rezidivierenden Beschwerden mit 60% beschrieben. Durch Wanderung der oberen, artikulierenden Facetten nach kranial aufgrund von Höhenverlust nach Diskektomie kann die Ausprägung einer Stenose der intervertebralen Foramina begünstigt werden.

Eine Arachnoiditis ruft laut JORGENSEN (1975) in 6-16% der Fälle postoperativ persistierende Schmerzen hervor. Pathogenetisch führt hier eine lokale Arachnoiditis und Radikulitis zu einer perineuralen Fibrose in der Umgebung der Nervenwurzel.

Die Indikationsstellung für einen operativen Eingriff ist des Weiteren ein wichtiger Prädiktor für intra- und postoperative Komplikationen. Wesentlich für die Auswahl der Patienten zur lumbalen Bandscheibenoperation sind der Leidensdruck sowie neurologische Symptome in Korrelation zum Befund im CT bzw. MRT. Psychosoziale Faktoren sollten nach KRÄMER bei der Indikationsstellung hinsichtlich des Therapieerfolges ebenfalls Berücksichtigung finden. FRITSCH (1996) betont bei der Behandlung eines Postdiskotomiesyndroms den Ausschluß anderer Ursachen wie eine psychische Erkrankung und soziale Hintergründe.

I.1.5.3 Klinische Symptome

Die klinischen Symptome des Postdiskotomiesyndroms treten oft erst nach einem beschwerdefreien Intervall mehrere Wochen oder Monate nach erfolgter Operation auf. Die postoperative Segmentinstabilität kommt häufig dann zum Ausdruck, wenn sich der Patient im Laufe der Zeit anfängt, intensiver zu bewegen. Sensibilitätsausfälle, Parästhesien sowie muskuläre Paresen, die hauptsächlich die Segmente L4, L5 und S1 betreffen, begleiten häufig die

Schmerzsymptomatik der Patienten. Die Beschwerden können sich beim längeren Laufen, Husten, Niesen oder beim Valsalva Manöver verstärken und sind nicht selten, schwierig zu diagnostizieren. Es kann sich bei der klinischen Untersuchung ein ein- oder doppelseitiges positives Lasègue-Zeichen als Hinweis für eine Nervenwurzelreizung durch das vernarbte Gewebe finden, welche zu einer entzündlichen Wurzelschwellung mit Einengung im Wirbelkanal führt. Abhängig von der Lokalisation der Nervenastschädigung resultiert ein Kreuzschmerz bei Läsion des Ramus dorsalis, während eine Beeinträchtigung des Ramus ventralis einen Beinschmerz verursacht. Auch eine Kombination aus beiden ist bei entsprechender Schädigung zu finden. In einigen Fällen weisen lediglich eine schmerzhafte Perkussion lokal über dem entsprechenden Segment oder die Unfähigkeit des Zehenspitzenanges auf ein Postdiskotomiesyndrom hin. Die dorsalen Nervenläsionen tragen zusammen mit dem Verlust von Muskelunterstützung zur Ausbildung eines Postdiskotomiesyndroms bei. Es herrscht ein Circulus vitiosus aus Inaktivität und Schmerz. Die Densität der Rückenstreckmuskulatur nimmt nach operativen Eingriffen am Rücken ab und weist auf eine fortschreitende Atrophie hin.

Zu den Kriterien, welche die Diagnose Postdiskotomiesyndrom erhärten, gehören typische klinische Zeichen wie bspw. radikulär ausstrahlender Schmerz sowie Hinweise auf mechanische Instabilität. Die Entwicklung der Instabilität ist dabei unabhängig von der Anzahl der betroffenen Segmente zum Zeitpunkt der Erstoperation (FRITSCH, 1996). Die Arachnoiditis und epidurale Fibrose im Rahmen von bildgebenden Kriterien sprechen ebenfalls für die Diagnose.

I.1.5.4 Diagnosestellung

Das Postdiskotomiesyndrom stellt ein diagnostisches Problem dar. Die Diagnose wird durch Erhebung der Anamnese, der Labordiagnostik und der klinischen Befunde in Verbindung mit bildgebenden Verfahren gesichert. Ein sicherer Zusammenhang zwischen radiologischen und klinischen Befunden konnte bisher jedoch noch nicht gefunden werden. Als Untersuchungsmethode der Wahl hat sich bei den bildgebenden Verfahren die Kernspintomographie bewährt, welche das Bandscheibenmaterial und die betroffene Wurzel identifiziert. Hierbei ist Gadolinium als Kontrastmittel geeignet. Die im MRT dargestellte Kontrastmittelanreicherung im Narbenbereich ist sogar noch 20 Jahre nach der Operation nachweisbar (FAN, 1995). Sie erlaubt eine Differenzierung von vaskularisiertem Narbengewebe durch Kontrastmittelanreicherung und nicht vaskularisiertem Re-Prolaps. Deformationen des Duralsackes und Nervenwurzeldislokationen können 4-6 Monate nach dem operativen Eingriff im MRT dargestellt werden (DULLERUD, 1998).

Die Indikation einer erneuten Intervention ist abhängig von der Schwere der neurologischen Ausfälle und ihrer Progredienz. Es zeigte sich in einer Studie, dass das durchschnittliche Intervall zwischen Ersteingriff und Reintervention im Schnitt drei Jahre betrug. Bei weiteren folgenden Eingriffen kam es sogar zu einer Verkürzung des Intervalls. FRITSCH (1996) betonte, dass schwerer, nicht beeinflussbarer Schmerz einen sehr bedeutsamen Grund für eine Reintervention darstelle.

I.1.6 Diagnostische Verfahren

I.1.61 Röntgen

Die konventionellen Röntgenaufnahmen besitzen in der präoperativen Diagnostik neben der Computertomographie und der Kernspintomographie ebenfalls einen festen Stellenwert. Die 1895 von Conrad Röntgen erstmalig mit Kathodenstrahlen erzeugten Röntgenstrahlen werden seit jeher bei zahlreichen Erkrankungen zur Diagnostik in nahezu allen Regionen des Körpers eingesetzt. Im Bereich der Wirbelsäule kann das Röntgenbild zur Diagnostik unterschiedlicher Erkrankungen wie Fehlstellungen, degenerativen Veränderungen, Entzündungsprozessen, Knochenmetastasen oder Osteoporose herangezogen werden.

Vereinfacht funktioniert die Röntgenanlage durch Aussendung von Elektronen durch eine Kathode, welche nach Beschleunigung durch eine Hochspannung von 25 kV bis 150 kV auf eine Anode treffen. Auf dieser erzeugen sie die Röntgenbremsstrahlung und die diskrete Röntgenstrahlung. Zur Bilderzeugung wird mit Ausnahme der Mammographie jedoch nur die Röntgenbremsstrahlung verwendet.

In der präoperativen Planung liefert das Röntgenbild in zwei Ebenen eine Orientierung über die knöchernen Verhältnisse der lumbosakralen Region. In Kombination mit weiteren Schnittbildverfahren kann eine ausreichende Diagnostik mit Darstellung der Bandscheiben durchgeführt werden.

I.1.62 Myelographie

Die Myelographie eignet sich zur Darstellung des Rückenmarks und der Nervenwurzeln. Dabei wird zur Injektion des Röntgenkontrastmittels eine Kanüle im Duralsack platziert. Anschließend werden Röntgenbilder in gebeugter und überstreckter Haltung der Wirbelsäule angefertigt. Hierdurch können Spinalkanaleinengungen sowie instabile Segmente erkannt werden.

Durch die Kontrastierung des Subarachnoidalraumes wird bei der Myelographie eine direkte Darstellung der Wurzeltaschen, des Duralsackes, und der äußeren Konturen des Myelons und der Wurzel erzielt. Dies erlaubt im Gegensatz zur Computertomographie den direkten Nachweis einer Kompression oder Verlagerung dieser Strukturen.

Die Myelographie wird im Gegensatz zu den Schnittbildverfahren seltener eingesetzt. Ihr Nachteil besteht darin, dass sie ein invasives Verfahren darstellt. Sie ist somit mit einer erhöhten Komplikationsrate wie Infektionsrisiko, Postpunktions-Kopfschmerz und auch einer zusätzlichen Strahlenbelastung verbunden. Selten treten ein anaphylaktischer Schock oder zerebrale Krampfanfälle auf (HOLLY, 1993).

Sie ist indiziert, wenn das MRT eine vielseitige Erkrankung zeigt oder die Befunde im MRT eine geringe Wahrscheinlichkeit für eine Bandscheibendegeneration aufweisen sowie bei bestehender Kontraindikation für die Anfertigung eines MRT (CASSAR, 1998). Ihr Einsatz findet sich heutzutage zudem vorwiegend im Rahmen einer Spondylodese-Planung. Die Myelographie stellt in Kombination mit der Computertomographie eine wichtige Untersuchungsmethode dar. Sie erlaubt eine Aussage der Verhältnisse im Wirbelkanal. Als dynamische Untersuchungsmethode fungiert sie als Funktionsmyelographie (EYSEL et al., 1994).

I.1.63 Computertomographie

Wie der Name Tomographie schon sagt, handelt es sich um Querschnittsbilder, die anhand eines Rechners erzeugt werden. Dabei sendet eine sich drehende Röntgenröhre mit einer Hochspannung von 120 bis 150 kV fächerförmige Röntgenstrahlen aus. Diese werden als Signale von gegenüber platzierten Detektoren aufgenommen und zu einem Bild umgerechnet. Dies geschieht z. B. 360 oder 720 mal. Die Bilder besitzen wahlweise Schichtdicken von 1 mm bis 8 mm. Die Strahlenexposition beträgt untersuchungsabhängig 0,5 cSV bis 1 cSV.

Die Computertomographie stellt insbesondere in Verbindung mit Kontrastmittel eine signifikante Untersuchungsmethode in der Diagnostik von Bandscheibenvorfällen und lumbalen Stenosen dar.

Abb. 3: Computer Tomograph Tomoscan AV der Firma Philips



I.1.64 Post-Myelo-Computertomographie

Die Post-Myelo-Computertomographie stellt eine weitere Untersuchungsmethode dar, die für bestimmte Fragestellungen ihren Stellenwert besitzt. Da die Darstellbarkeit des Bandscheibenprolapses im Myelogramm von medial nach lateral in Richtung auf das Foramen intervertebrale abnimmt, kann bei durchgeführter Myelographie durch anschließende Bilder im CT eine Klärung erfolgen. Das Post-Myelo-CT kommt daher insbesondere bei der Diagnosestellung von lateralen oder intraforaminalen Prozessen als ergänzendes Verfahren zur Anwendung (SCHUBEUS, 1994).

I.1.65 Kernspintomographie

Die Kernspintomographie, auch als MRT (Magnetic Resonance Tomography) bezeichnet, stellt eine genaue Untersuchungsmethode zur Diagnostik von prä- und postoperativen Beschwerden dar. Ihre wesentlichen Vorteile liegen in der Möglichkeit einer multiplanaren Darstellung und einer hervorragenden kontrastreichen Trennung von Weichteilen (COSKUN, 2000).

Zudem liefert sie eine schonende Untersuchung des Patienten durch Verwendung eines Magnetfeldes anstatt von Röntgenstrahlen. Die Kernspintomographie ist aufgrund ihrer hohen Weichteilkontraste generell zur Darstellung von tumoröser, inflammatorischer und traumatischer Erkrankungen geeignet. Aus diesem Grunde ist ihre Indikation im Bereich der Wirbelsäule zur Diagnostik von Bandscheibenvorfällen, Entzündungsprozessen sowie Spinaltumoren sinnvoll.

Das Prinzip der Kernspintomographie soll hier nur kurz erwähnt werden. Es besteht in der Erzeugung eines Magnetfeldes mit Nutzung der Eigenrotation der Protonen (Spin). Für eine hinreichende Signalintensität im menschlichen Körper sorgt der an Sauerstoff gebundene Wasserstoff. Die zu untersuchende Person liegt dabei in einem ca. 1,60 m langen Tunnel, der ein magnetisches Feld erzeugt. Dies führt zu einem geringen Überschuss der Spins der Protonen des Patienten, welche sich in Feldrichtung ausrichten. Beim Zurückklappen in den Ursprungszustand erzeugen die Spins in einer Spule kleine elektrische Signale, die zu einem Gesamtbild verrechnet werden. Die Magnetfeldstärke beträgt üblicherweise 0,5-1,5 Tesla.

Das MRT spielt eine bedeutende Rolle bei der Unterscheidung zwischen asymptomatischen, alternden Bandscheiben von symptomatischen, degenerativen Veränderungen im Rahmen eines Bandscheibenvorfalles. Sie trägt durch eine hohe Sensitivität bei der Erkennung von Entzündungen, Narbengewebe und neoplastischen Prozessen einen wesentlichen Bestandteil zur Diagnosefindung bei.

Der Anulus fibrosus, der Nucleus pulposus und die vertebralen Endplatten stellen die drei hauptsächlichen Strukturen der MRT in der Differenzierung der Bandscheibenerkrankungen dar. Das prolabierte Material bei einem Bandscheibenvorfall ist auf MRT-Bildern gut zu differenzieren. Auch die Lokalisation ist in den unterschiedlichen Schnittbildern exakt bestimmbar. Dabei hängt die Dichte des prolabierten Materials vom jeweiligen Degenerationsgrad des Nukleus ab.

Präoperativ liefert sie daher eine genaue Abschätzung des komprimierenden Bandscheibenmaterials sowie den Verlauf der betroffenen Nervenwurzel. In Kombination mit dem konventionellen Röntgenbild, welches eine Orientierung über die knöchernen Verhältnisse erlaubt, ermöglicht sie eine sichere Planung des operativen Eingriffs (GRIFKA, WITTE et al., 1999).

In vorliegender Abbildung ist ein lumbaler Bandscheibenvorfall auf Höhe L3/ L4 in der T1-Gewichtung erkennbar.

Abb. 4: T1-gewichtetes NMR-Bild eines Bandscheibenvorfalls auf Höhe L3 / L4 (BRINKS, 2002)



Es ist inzwischen auch zum Mittel der Wahl bei der Erforschung der postoperativen, lumbalen Verhältnisse geworden, was nicht zuletzt auf der hohen Sensitivität beruht. Beim Zusatz von Kontrastmittel stellt das MRT auch eine sehr spezifische Untersuchungsmethode dar. Seine Genauigkeit bezüglich der Differenzierung zwischen Narbengewebe und Bandscheibenhernie beträgt nahezu 95% .

Die Fähigkeit der Differenzierung zwischen Bandscheibe und Fibrose beruht bei der MRT auf der Ausprägung der Vaskularisierung. Während es beim Narbengewebe durch eine reichhaltige Vaskularisierung zu einer raschen Kontrastmittelanreicherung innerhalb weniger Minuten kommt, weist eine verbliebene bzw. rezidivierende Hernie eine verspätete, periphere Ansammlung von Kontrastmittel durch langsame Diffusion auf. Aus diesem Grund ist eine zügige Erstellung des MRT innerhalb von 15 Minuten nach Kontrastmittelgabe erforderlich (DULLERUD, 1998). Bei verspätet aufgenommenen Bildern kann daher eine gesteigerte Kontrastmittelsammlung der Bandscheibe durch Diffusion entstehen (FAN, 1995). Das Kontrastmittel wird hier im Gegensatz zur Computertomographie intravenös verabreicht.

I.1.7 Therapiemöglichkeiten des lumbalen Bandscheibenvorfalls

I.1.7.1 Operationstechniken

Die Indikation zur Operation wird zurückhaltend gestellt, da die Möglichkeit zur Spontanheilung besteht. Als absolute Operationsindikation gelten eine Störung der vesikalen oder analen Sphinkterfunktion, Erektionsstörungen, Reithosenanästhesie sowie ein- oder beidseitige akute motorische Ausfälle der Kennmuskeln, insbesondere der Fussheber/ -senker. Ein nicht zu kontrollierender, auf Opiate nicht ansprechender Nervenschmerz stellt ebenfalls eine Operationsindikation dar. Eine relative Indikation liegt bei anhaltenden konservativ therapierefraktären Beschwerden vor. Hier sollte eine gründliche Abwägung erfolgen, um nicht unnötig das Risiko eines postoperativ wuchernden Narbengewebes einzugehen.

Zwischen den Operationsverfahren unterscheidet man offene und minimalinvasive Techniken.

I.1.7.1.1 Offene Diskektomie

Miller und Barr beschrieben erstmals 1934 einen offenen operativen Eingriff an der Bandscheibe. Die derzeit erhebliche Gewebetraumatisierung mit konsekutiver Narbenbildung konnte im Laufe der Zeit durch verbesserte Operationstechniken optimiert werden.

Bei der offenen Diskektomie wird der Zugang zum Spinalkanal nach einem ca. 6-8 cm langen Hautschnitt über den Dornfortsätzen durch Faszieninzision, Beiseiteschieben der Rückenmuskulatur und anschließender Durchtrennung oder Fensterung des Ligamentum flavum erreicht. Um einen freien Zugang zur betroffenen Bandscheibe und entsprechender Nervenwurzel zu schaffen, kann es notwendig sein, Teile des Wirbelbogens (Laminotomie) oder sogar den gesamten Wirbelbogen einer Seite (Hemilaminektomie) zu entfernen.

Zu den operationsbedingten Komplikationen sind intraoperative Schädigungen der Nervenwurzel und Cauda equina zu nennen sowie Duraverletzungen mit dem Risiko des Entstehens einer Meningozele oder Liquorfistel.

Weniger invasiv ist die Methode der Mikrodiskektomie, welche eine Weiterentwicklung der offenen Diskektomie bildet.

I.1.7.1.2 Mikrodiskektomie

Die Mikrodiskektomie weist im Gegensatz zur konventionellen Diskektomie eine geringere Gewebetraumatisierung auf. Dies wird zum einen durch einen kleineren Hautschnitt wie auch durch die Anwendung eines Operationsmikroskops über einen trichterförmigen Retraktor erreicht. Die Vorteile dieses Verfahrens sind eine weniger ausgeprägte Narbenbildung sowie eine geringere Komplikationsrate. Casper (1977) und Williams (1978) wandten diese mikrochirurgische Technik der Bandscheibenoperation an, welche seither zur Methode der Wahl geworden ist.

Der Nachteil dieser Methode ist die schlechtere Einsicht in das entsprechende Operationssegment mit der Gefahr des Übersehens von Sequestern sowie der Operation am falschen Segment.

I.1.7.1.3 Vollendoskopische Bandscheibenoperation

Die vollendoskopische Bandscheibenoperation stellt eine weitere, immer häufiger angewandte Operationstechnik dar mit dem Vorteil eines atraumatischen Vorgehens. Sie konnte sich in den letzten Jahren als eine sichere Alternative im Vergleich zu konventionellen Verfahren etablieren. Dabei wird ein möglichst seitlicher Zugang gewählt mit einem kleinen Hautschnitt, über den die endoskopischen Instrumente eingeführt werden (RUETTEN et al., 2008). Die Weiterentwicklung der Endoskope und Instrumente konnte zur Verbesserung der Mobilität, der Resektion harten Gewebes und Reduktion der Rezidivrate beitragen. Mit der Möglichkeit der Wahl eines interlaminären oder transforaminalen Zuganges ist es möglich, alle lumbalen Bandscheibenvorfälle inner- und ausserhalb des Spinalkanals vollendoskopisch zu operieren (KOMP et al., 2006).

I.1.7.1.4 Chemonukleolyse

Smith führte 1963 die intradiskale Injektion von Chymopapain zur Chemonukleolyse durch. Durch einen posterolateralen Zugang werden hier unter Röntgenkontrolle chondrolytische Enzyme in den intradiskalen Raum injiziert, welche zu einer Entfernung der Gallertkernsubstanz führen und einen Raum für die Retraktion des protrudierten Bandscheibenmaterials schaffen. Hierdurch kann eine Druckentlastung der Nervenwurzel erzielt werden.

Weitere quelledruckmindernde Substanzen sind Kollagenase und Aprotinin. Während letztere eine gute Verträglichkeit aufweist ohne Auftreten von häufigen Überempfindlichkeitsreaktionen, hat sie im Gegensatz zu den anderen Substanzen einen geringeren Therapieerfolg.

Als häufigste Komplikation ist der postinjektionelle Kreuzschmerz zu nennen, der den Therapieerfolg meist erst nach 4-6 Wochen beurteilen lässt. Er betrifft ca. 20-40 % der behandelten Patienten und resultiert aus einer Höhenminderung der Bandscheibe mit vorübergehender Instabilität im betroffenen Wirbelkörpersegment. Des Weiteren kann durch versehentliche Injektion in den Liquorraum eine Myelitis entstehen, welche jedoch bei ordnungsgemäßer Technik mit vorheriger Diskographie selten auftritt. Eine Kontraindikation stellt der Bandscheibenprolaps mit der Gefahr des Austritts von injizierter Substanz bei nicht intaktem Anulus fibrosus in den Epiduralraum dar, so dass sich diese heutzutage kaum noch angewandte Methode auf die Bandscheibenprotrusion beschränkt.

I.1.7.1.5 Perkutane lumbale Diskotomie

Die perkutane lumbale Diskotomie wurde 1988 in Deutschland eingeführt. Nach Diskographie wird über einen posterolateralen Zugang nach Ausschluss von Sequestrierungen mobiles Bandscheibenmaterial mit Hilfe von Operationsinstrumenten aus dem Nukleus pulposus entfernt. Dabei ist es zuvor notwendig, einen Zugangsweg von 5-7 mm Durchmesser zum Einführen des Operationsinstrumentariums zu schaffen.

I.1.7.1.6 Laserdiskotomie

Die Laserdiskotomie trägt das Bandscheibengewebe durch Gewebeverdampfung mittels Laserstrahlung ab. Zur Anwendung kommen bei dieser Methode Holmium-Yag- und Neodym-Yag-Laser. Der Vorteil bei diesem Diskotomieverfahren im Vergleich zu den anderen perkutanen intradiskalen Verfahren liegt in einer größeren Flexibilität des Gerätes mit besserer Erreichbarkeit der verlagerten Nukleusanteile. Nachteile sind im Rahmen von Komplikationen zu sehen, die durch Drucksteigerung bei unzureichender Spülung des Zwischenwirbelraumes entstehen. Ebenso gilt eine laserinduzierte thermische Gewebeschädigung als verfahrenstypische Komplikation. Das Verfahren bleibt derzeit wenigen spezialisierten Zentren vorbehalten.

Auch bei diesem perkutanen Verfahren wird nicht das durch Anulusläsion prolabierte Bandscheibengewebe entfernt, welches als Pathogenese der radikulären und pseudoradikulären Beschwerden anzusehen ist, so dass ein Widerspruch zwischen der Konzeption der perkutanen Verfahren zur Kausalität der diskogenen Schmerzsymptomatik besteht.

Insgesamt sind die perkutanen intradiskalen Verfahren durch pathoanatomische Gegebenheiten wie sequestrierte Bandscheiben, knöcherne Umgebung, Voroperationen sowie Lokalisation des protrudierten Bandscheibengewebes in mehreren Etagen in ihrem Einsatz limitiert.

I.1.7.2 Konservative Therapie

Bei einem Bandscheibenprolaps wird nach Möglichkeit zunächst eine konservative Therapie mit multimodalem Therapiekonzept angestrebt. Unter Ruhigstellung der Wirbelsäule sowie entlastender Stufenbettlagerung erfolgt zunächst durch Entspannung des Nervus ischiadicus eine Linderung der Schmerzsymptomatik. Schmerzmittel wie nicht steroidale Antiphlogistika und Präparate zur Muskelentspannung sind meist unverzichtbar, nicht zuletzt um den Circulus vitiosus aus Schmerz und schmerzbedingten Muskelverspannungen zu durchbrechen. Auch der Einsatz von Opioiden ist abhängig vom vorliegenden Ausmaß der Schmerzen indiziert. Auf eine kontrollierte Einnahme sollte jedoch gerade bei langzeitiger Anwendung aufgrund von Nebenwirkungen geachtet werden.

Eine wichtige Therapieoption zur Schmerzlinderung bilden gezielte wirbelsäulennahe Injektionen, welche als periradikuläre Therapie bezeichnet werden. Unter teilweiser bildgebender Kontrolle erfolgt die Injektion eines Lokalanästhetikums, welches gegebenenfalls mit Kortison kombiniert wird. Mit großem Erfolg wird auch die epidural-perineurale Injektion eingesetzt, bei der entsprechend der betroffenen Spinalwurzel ein interlaminarer Zugang gewählt wird und anschließend eine Applikationsnadel in einem Winkel von ca. 30 Grad in sagital-kranieller Richtung bis in den ventralen Epiduralraum vorgeschoben wird.

Ergänzend sind Verfahren wie Massagen, Akupunktur sowie lokale Wärme- und Kälteanwendungen und Trainingstherapien wie Rückenschule zur Stärkung der Rückenmuskulatur zu nennen. Auch Entspannungsverfahren wie die progressive Muskelrelaxation nach Jacobson kommen zum Einsatz. Die Elektrotherapie wirkt durch Applikation von Strom entzündungshemmend und somit schmerzlindernd.

I.1.8 Therapieansätze beim Postdiskotomiesyndrom

Hierbei können unterschiedliche Operationstechniken zur Anwendung kommen wie bspw. dekomprimierende Techniken, Fibrinolyse oder spinale Fusionen.

Die Revision kann durch eine Standarddiskotomie erfolgen. Dabei birgt jedoch jeder Zugang durch die Narbe das Risiko einer Verletzung der Dura oder der Nervenwurzel. Nach Entfernung des Rezidivprolapses kann zur Prophylaxe von erneuter Narbenbildung die Interposition eines von subkutan erworbenen, freien Fettanteils erfolgen oder der Einsatz antiproliferativer Substanzen. Bei letzterem sind jedoch eine Bluttrockenheit sowie vollständige Unversehrtheit der Dura und Wurzeltasche Voraussetzung (GRIFKA et al., 1999). Bei KRÄMER und KLEIN (1980) hingegen blieben die Fettlappenplastiken in der Vergangenheit im Ergebnis hinter den Erwartungen zurück.

Als Mittel der Wahl zur Therapie des PDS als Folge einer lumbosakralen Fibrose betrachten FIUME et al. (1995) die spinale Nervenstrangstimulation. Vor allem das weibliche Geschlecht scheint von dieser Behandlungsmethode zu profitieren. Weitere Vorteile liegen in der Möglichkeit der Senkung des Schmerzmittelkonsums sowie der Abwesenheit von ernsthaften Komplikationen. Dabei ist die perkutane Form der Stimulation einer definitiven Implantation zu bevorzugen.

Die Nervenstrangstimulation ist wiederholten Interventionen im Rahmen von epiduraler Fibrosebildung vorzuziehen, da die Erfolge beim erneuten operativen Eingriff aufgrund wiederkehrender Narbenbildung sehr dürftig ausfallen. Dabei hänge der Erfolg der Implantation eines Stimulators des Spinalstranges von der psychischen Verfassung der jeweiligen Person ab. Er nehme ab bei vorwiegend psychisch entstandenen Schmerzen (DUMOULIN et al., 1996).

In einer Studie zeigte sich nach wiederholten Operationen zur Entfernung von Narbengewebe eine geringe Erfolgsrate von nur 30 % der Patienten, während 20% der Betroffenen sogar eine Verschlechterung der klinischen Symptomatik beschrieben. JOHNSTON (1978) bezeichnet die wiederholte Operation zur Entfernung von Narbengewebe ironischerweise als gute Übung für den Chirurgen ohne Benefit für den Patienten. Im Gegensatz dazu ist die Erfolgsrate nach wiederholtem Eingriff im Falle eines erneuten Bandscheibenprolapses ähnlich hoch wie beim Ersteingriff.

II. Material und Methode

II.2.1 Patientenkollektiv

Es wurden insgesamt 58 Patienten untersucht, die alle an einem Postdiskotomiesyndrom leiden. Davon waren 38 Patienten männlich und 20 weiblich. Das ausgewählte Alter betrug dem Prädispositionsalter von Bandscheibenvorfällen entsprechend 20 bis 50 Jahre. Hierbei mussten die Patienten bestimmte Kriterien hinsichtlich der vorausgegangenen Erkrankung, des operativen Eingriffs und der postoperativen Symptomatik erfüllen. Die Diagnose eines Bandscheibenprolapses ist bei allen Patienten zu einem früheren Zeitpunkt gestellt worden. Die betroffene Bandscheibe befand sich zwischen den Wirbelkörpern L3/L4, L4/L5 oder L5/S1. Eine operative Therapie erfolgte bei allen Patienten in Form einer offenen Diskektomie. Die mittlere Nachuntersuchungszeit lag bei drei Jahren nach zuletzt erfolgter Operation. Von den 58 Patienten sind insgesamt 11 Patienten an mindestens zwei unterschiedlichen Segmenten operiert worden, 5

Patienten wurden mehrfach an der gleichen Segmenthöhe operiert. Die übrigen Patienten sind einmalig im Bereich eines Segmentes operiert worden (Tab. 1).

Allen Patienten gemeinsam ist ein stationärer Aufenthalt in derselben orthopädischen Klinik der Ruhr-Universität Bochum aufgrund eines Postdiskotomiesyndroms gewesen. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte bei mehrfach operierten Personen im Bezug auf das zuletzt operierte Segment.

Die Eingabe der Untersuchungsergebnisse erfolgte in Excel-Tabellen. Die statistische Auswertung wurde unter Mithilfe einer statistischen Kraft der Technischen Universität Dortmund durchgeführt. Die Berechnung der Ergebnisse erfolgte durch das Statistikprogramm R.

Tabelle 1: Patientengut in Abhängigkeit von Lokalisation, Anzahl der Operationen und Geschlecht

	Männer	Frauen
Einmalige Operation an einem Segment	29	13
Operation an mehreren Segmenten	7	4
Mehrfache Operation am gleichen Segment	2	3

Abb. 5: Patientengut in Abhängigkeit von Lokalisation, Anzahl der Operationen und Geschlecht

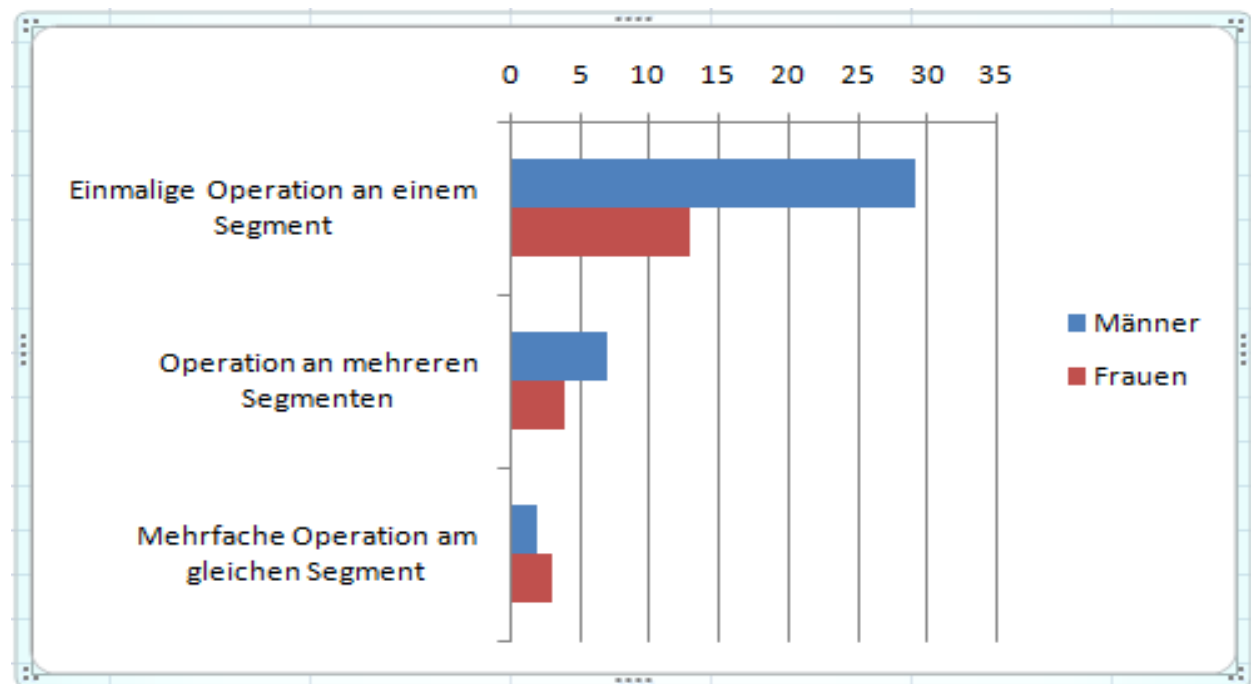


Tabelle 1 und Abb. 5 zeigen, dass die Mehrzahl der Patienten männlich war und einmalig operiert wurde.

In Tabelle 2 und Diagramm 6 ist die geschlechtsbezogene Verteilung der Bandscheibenvorfälle nach Segmenthöhe in Prozent dargestellt. Es zeigt sich hier eine maximale Anzahl der Operationen in Höhe von L5 / S1 gefolgt von den darüber liegenden Segmenten L4/ L5 und zuletzt L3 /L4 unabhängig vom Geschlecht.

Dies entspricht der zu erwartenden Verteilung der Bandscheiben-bedingten Erkrankungen.

Tab. 2: Geschlechtsbezogene Verteilung des Patientenguts in Abhängigkeit von betroffener Segmenthöhe

	L3 /L4	L4 / L5	L5 / S1
Männer	8,89%	40,00%	51,11%
Frauen	4,00%	28,00%	68,00%

Abb. 6: Geschlechtsbezogene Verteilung des Patientenguts in Abhängigkeit von betroffener Segmenthöhe

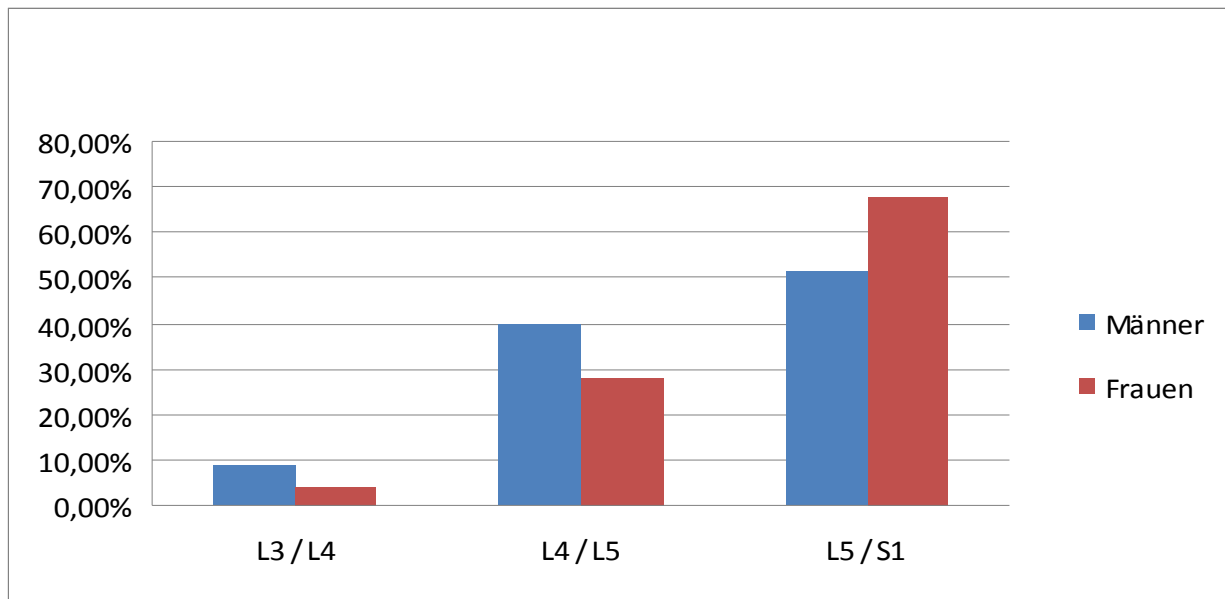
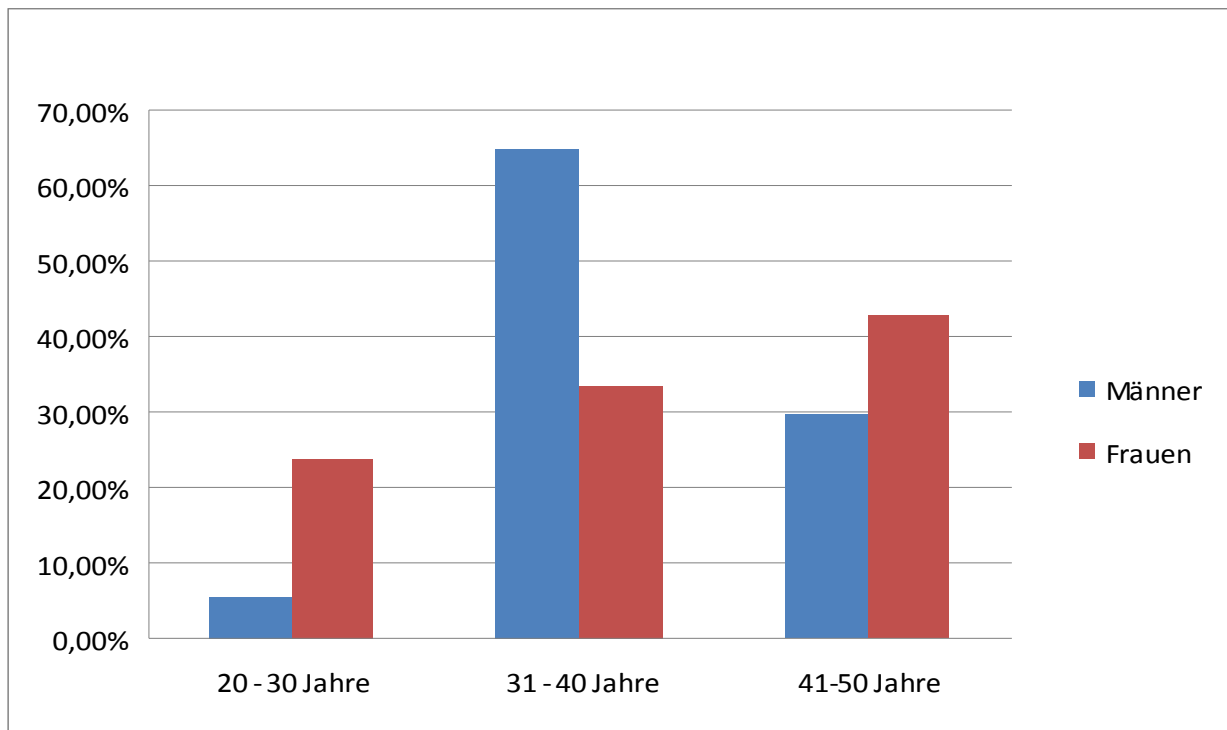


Tabelle 3 und Abbildung 7 spiegeln die altersabhängige Verteilung der Probanden wieder und weisen beim männlichen Geschlecht einen deutlichen Altergipfel bereits im Alter von 30-40 Jahren auf, während das weibliche Geschlecht eine zunehmende Häufigkeit mit steigendem Alter zeigt.

Tab. 3: Altersabhängige Verteilung der Probanden nach Geschlecht

	20 -30 Jahre	31 - 40 Jahre	41 - 50 Jahre
Männer	5,41%	64,86%	29,73%
Frauen	23,81%	33,33%	42,86%

Abb. 7: Altersabhängige Verteilung der Probanden nach Geschlecht



II.2.2 Untersuchungsmethoden im Überblick

Es sind zur Erfassung unterschiedlicher Parameter aus subjektiver wie auch objektiver Sicht verschiedene Untersuchungsmethoden zur Anwendung gekommen. Hierzu gehörten die Anamnese, die klinische Untersuchung am Patienten, die konventionelle Sonographie der Rückenstreckmuskulatur sowie ein neu entwickeltes multidirektionales Ultraschallabbildungsverfahren ebenfalls zur Darstellung der Rückenstreckmuskulatur. Ein die Schmerzsymptomatik subjektiv erfassender Fragebogen, der Oswestry Score, ist von den Patienten am Tag der Untersuchung beantwortet worden.

II.2.21 Anamnese

Ein einmaliger Fragebogen diente zur Erfassung anamnestischer Daten. Er enthielt Termine vorausgegangener Operationen sowie Dauer und Wiederauftreten der Schmerzsymptomatik nach erfolgtem operativem Eingriff. Erfragt wurden unter anderen das Segment der operierten Bandscheibe, die Seite des chirurgischen Eingriffes sowie der Fachbereich, der die Operation durchgeführt hat. Behandlungen vor der Operation wie auch sich anschließende therapeutische Maßnahmen wie Massage, Fango, Rückenschule, Krankengymnastik, medizinische Trainingstherapie, das Tragen eines Korsetts und die Teilnahme an einer Kur sowie deren Nutzen wurden festgehalten. Auch der Beruf des Patienten wurde eruiert.

II.2.22 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung am Patienten verfolgte das Ziel, objektiv beurteilbare Werte bezüglich der Schmerzsymptomatik zu erlangen. Eine gründliche Untersuchung am Patienten anhand eines speziellen Untersuchungsbogens der Lendenwirbelsäule wurde zu diesem Zweck durchgeführt. Im Stand wurden Fehlhaltung, Beckentiefland, Lumbalspasmus, die Möglichkeit zur In- bzw. Reklination, Seitneigung und Rotation, zum Hackengang, Zehenspitzenengang und zur Kniestreckung untersucht. Der Finger-Fußboden-Abstand wurde als Zeichen der Wirbelsäulenbeweglichkeit festgehalten. Ebenso wurden die Zeichen nach Schober, Lasegue, Bragard und Trendelenburg zur Erörterung des aktuellen Wirbelsäulenzustandes getestet. Das Schoberzeichen liefert eine Vorstellung über die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule. Beim Testen verlängert sich beim Gesunden eine 10 cm lange Messstrecke beginnend vom Dornfortsatz von S1 nach kranial bei Rumpfbeugung nach vorn um etwa 4-6 cm. Die Zeichen nach Lasegue und Bragard werden zur Prüfung auf eine radikuläre Reizung angewandt. Sie basieren auf dem Auslösen eines Dehnungsschmerzes im Bereich der Spinalnervenzwurzeln der Rückenmarkssegmente L5-S2 und des Nervus ischiadicus.

Bei der Prüfung des Lasegue-Zeichens wird der Patient aufgefordert, sich flach auf den Rücken zu legen. In dieser Position wird das gestreckte Bein im Hüftgelenk langsam passiv gebeugt. Dabei tritt beim positiven Lasegue ein Schmerz im Bereich des Beines oder Gesäßes auf. Das Zeichen nach Bragard fällt positiv aus bei Dorsalflexion des Fußes aus dieser Position.

Von einem Pseudo-Lasegue wird gesprochen, wenn bei einer Beugung unterhalb einer Flexion von 70° nur Rückenschmerzen auftreten.

Das positive Trendelenburg-Zeichen ist gekennzeichnet durch Absinken des Beckens auf der gesunden Seite bei Lähmung der Mm. glutei oder bei angeborener Hüftluxation.

Weiterhin wurden die Seite, Länge, Lokalisation und Morphologie der Hautnarbe notiert. Dauer- und Druckschmerz über dem betroffenen Segment, Sensibilitätsstörungen der unteren Extremitäten, schmerzhaft eingeschränkte Bewegungen im Bereich der Hüfte und der Extremitäten sowie Muskelparesen spielten bei der Untersuchung eine bedeutende Rolle. Hierzu wurde die Beweglichkeit der Kniestrecker, Fußheber und -senker sowie der Fußrand- und Großzehenheber untersucht. Der Reflexstatus wurde anhand des Patellarsehnenreflexes, des Achillessehnenreflexes und des Reflexes des M. tibialis posterior erhoben. Der Pulsstatus beider unteren Extremitäten wurde durch Abtasten der A. femoralis, A. poplitea, A. dorsalis pedis und A. tibialis posterior überprüft. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Innervationsgebieten der Nerven L4, L5 und S1 geschenkt, da die Häufigkeit von Bandscheibenvorfällen in diesem Bereich der Wirbelsäule ihren Gipfel besitzt. Eine Prüfung der Sensibilität wurde durch einzelne Testung der Empfindlichkeit der entsprechenden Dermatome durchgeführt.

II.2.23 Konventionelle Sonographie

Die Sonographie ist ein einfaches, wenig belastendes und zudem günstiges Untersuchungsverfahren. Die apparative Methode der konventionellen Sonographie mit Darstellung beider Stränge der autochthonen Rückenmuskulatur sollte Rückschlüsse auf die aktuellen morphologischen Gegebenheiten erlauben. Ziel dieser Untersuchung war es, ein morphologisches Korrelat für die klinische Beschwerdesymptomatik der Patienten zu finden.

Die Sonographie wurde mit einem 7.5 MHz Longitudinal-Schallkopf durchgeführt, welcher sowohl auf der operierten Seite wie auch auf der gesunden Seite zum Vergleich angelegt wurde. Festgelegt wurde zunächst die Standardebene, welche sich im Bereich des operierten Segmentes befand und in einer horizontalen Schnittebene durch die Rückenstreckmuskulatur die Facetten des entsprechenden Wirbelkörpers enthielt.

Abb. 8: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im Querschnitt über dem Dornfortsatz (KÜLLMER, 1997):

1 = Kutis und Subkutis, 2 = Faszie, 3 = Dornfortsatz, 4 = autochthone Muskulatur.

Pfeile zeigen die Kortikalisreflexe der Wirbelbogengelenke.

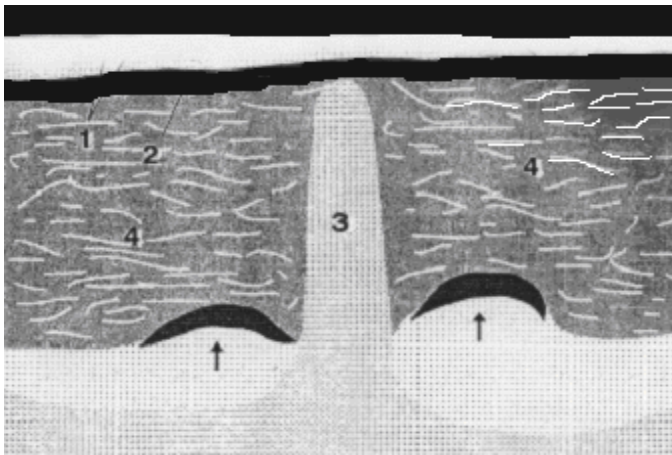
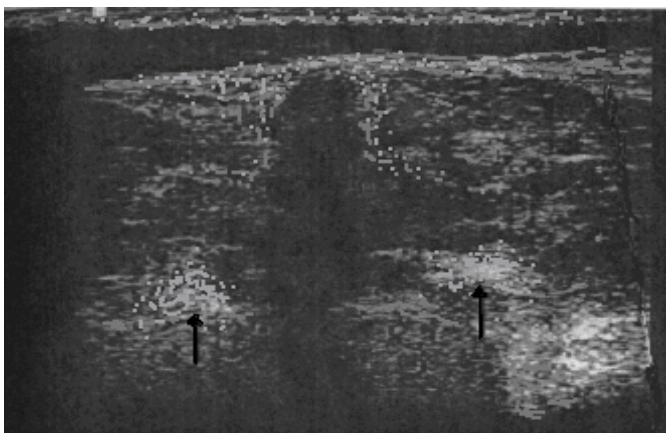


Abb. 9: Sonographiebefund: Querschnitt über dem Dornfortsatz mit Darstellung der Wirbelbogengelenke



Von hier aus wurde die Rückenstreckmuskulatur sowohl in kranialer Richtung als auch in kaudaler Richtung segmentweise abgefahren, mit dem Ziel, die Ausbreitung des umliegenden Narbengewebes zu erfassen. Neben der Anlage von Querschnittsbildern der Rückenstreckmuskulatur wurden ebenfalls longitudinale Aufnahmen erstellt. Zu diesem Zweck

wurde der Schallkopf zunächst im Bereich des operierten Segmentes längs über den Dornfortsätzen angelegt, wobei sich die angrenzenden Segmente ebenfalls darstellten.

Abb. 10: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im paramedianen Längsschnitt (KÜLLMER, 1997) :

1 = Kutis und Subkutis, 2 = Faszie, 3 = Sakrum, 4 = autochthone Muskulatur
Pfeile zeigen die Kortikalisreflexe der Wirbelbögen.

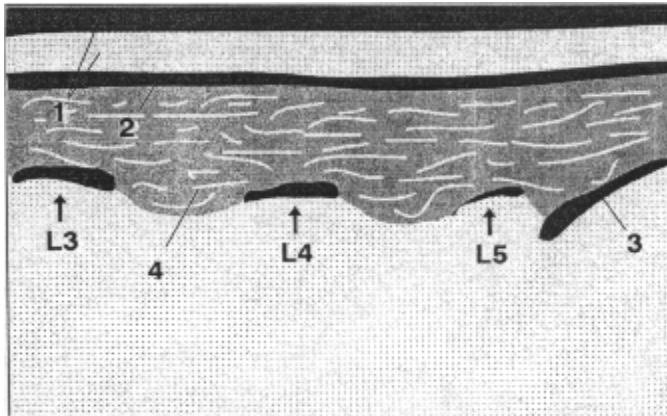


Abb. 11: Sonographiebefund: Paramedianer Längsschnitt mit Kortikalisreflexen der Wirbelbögen

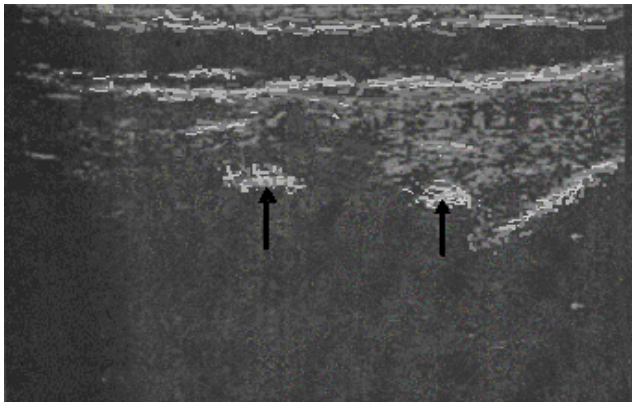


Abb. 12: Graphik zur Erläuterung des sonographischen Befundes im Längsschnitt über den Wirbelgelenken (KÜLLMER, 1997):

1 = Kutis und Subkutis, 2 = Faszie, 3 = Sakrum, 4 = autochthone Muskulatur.

Pfeile zeigen die Kortikalisreflexe der Wirbelgelenke L3/L4, L4/L5, L5/S1.

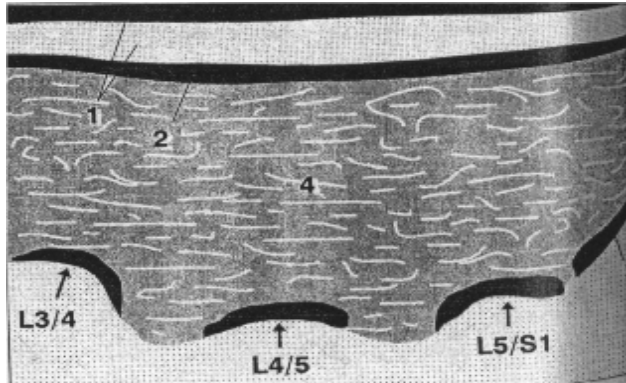
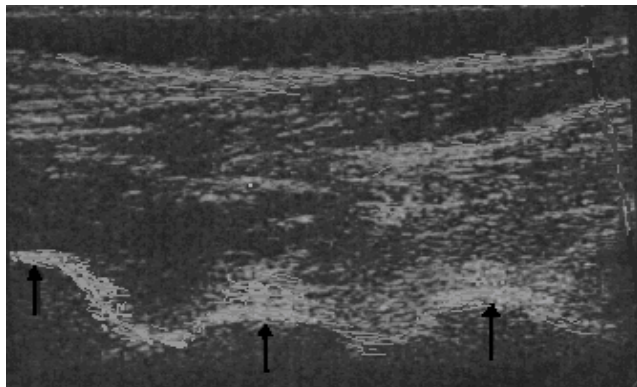


Abb. 13: Sonographiebefund: Längsschnitt über den Wirbelgelenken



Es wurden im Anschluss daran paramediane Bilder auf beiden Seiten des Rückens festgehalten, um auch hier einen eventuell vorhandenen narbigen Umbau der Muskulatur sowie eine Atrophie erkennen und mit der nicht operierten Seite vergleichen zu können.

Das Verfahren der konventionellen Sonographie, welches später mit einem neu entwickelten multidirektionalem Aufnahmeverfahren des Ultraschalls, dem Compounding-System, verglichen werden sollte, diente zur Darstellung der Größe sowie Beschaffenheit der beiden Stränge der tiefen Rückenmuskulatur. Es sollten demnach die Volumina der Muskeln wie auch deren Struktur beurteilt werden. Ebenso sollte gleichzeitig das Vorhandensein von Narbengewebe im operierten Bereich überprüft werden. Zu beurteilen war die Morphologie im Bezug auf Dichte, Echogenität, Homogenität und Regelmäßigkeit. Eine Abschätzung der Ausbreitung des Narbengewebes mit eventuellen Rückschlüssen auf die Entstehung der klinischen Beschwerdesymptomatik der Patienten war ein wichtiger Bestandteil der Arbeit.

II. 2.24 Multidirektionales Aufnahmeverfahren des Ultraschalls

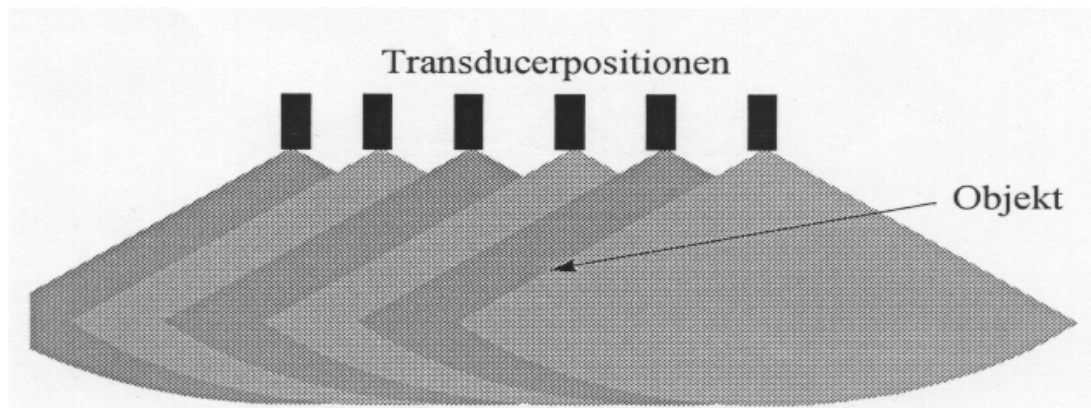
Ein generelles Problem der konventionellen Sonographie stellt die Bildverschlechterung durch Inhomogenitäten dar, den sogenannten Speckles. Diese entstehen durch Streuung der Ultraschallwellen und führen zu einem granulationsähnlichen Muster.

Zur Abbildung der Rückenstreckmuskulatur wurde ein Ultraschall-Abbildungsverfahren mit multidirektionalen Echodaten, das sogenannte Compounding-Verfahren, verwendet, um Inhomogenitäten so weit wie möglich auszuschalten (PESAVENTO, 1999). Der Unterschied zwischen dieser Meßmethode und der konventionellen Sonographie besteht in der Möglichkeit, mehrere parallele Schnittbilder von Gewebebereichen zu erhalten, deren Anteil an Speckles soweit wie möglich minimiert ist.

Bereits in der Vergangenheit wurden multidirektionale Ultraschallechodaten bei der Ultraschall-Reflektions-Computer-Tomographie (URCT) benutzt. Hierbei beruhte die Minimierung der Inhomogenitäten, den Speckles, auf der Tatsache, dass bei der Messung eine Mittelung von aus verschiedenen Richtungen gewonnenen Daten durchgeführt wurde.

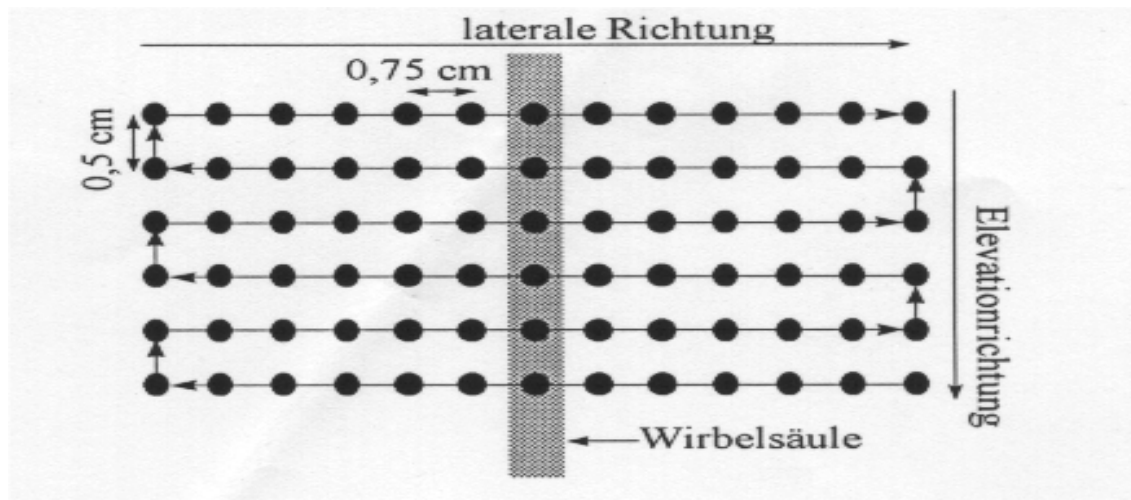
Bei dieser Meßmethode wurde ein automatisch gesteuerter Sektorscanner verwendet, der linear über den Rücken des Patienten fuhr (Abb.14).

Abb. 14: Aufnahme multidirektionaler Echodaten von einer Seite durch einen automatisch gesteuerten Sektorscanner



Die Untersuchung dauerte nur wenige Minuten. Dabei lag der Patient entspannt auf dem Bauch und versuchte, ruhig zu atmen, um Artefakte durch Bewegungen möglichst zu vermeiden. Der Sektorscanner wurde über dem interessierenden Bereich zentriert, welcher in der Regel der Lokalisation der Hautnarbe entsprach. Von hier aus fuhr er automatisch gesteuert 8 parallel liegende, horizontale Bahnen über den Rücken des Patienten ab, um aus unterschiedlichen Transducerpositionen Echodaten der 8 Schnittebenen aufzunehmen. Diese 8 Ebenen waren jeweils 0,5 cm voneinander entfernt.

Abb. 15: Ansicht auf den Rücken: Transducerpositionen, welche vom Wandler angefahren werden.



Das Problem, ein geeignetes Leitungsmedium für die Vorlaufstrecke zu finden, um den Impedanzsprung möglichst gering zu halten, wurde durch Anwendung einer Wasservorlaufstrecke gelöst. Der Grund für die Ablehnung der alleinigen Nutzung von Gel als Vorlaufstrecke, wie es bei der konventionellen Sonographie üblicherweise benutzt wird, lag darin, dass der automatisch gesteuerte Schallkopf das Gel kontinuierlich auf dem Rücken verschoben hätte und somit eine schlechte Ankopplung resultiert wäre. Davon abgesehen wäre eine große Menge an Gel nötig gewesen, um einen geeignete Vorlaufstrecke zu erhalten.

Abb. 16: Graphik zur Darstellung der Ankopplung des Ultraschallwandlers an den Rücken des Patienten mit Hilfe eines Wasserbades und Gel als Vorlaufstrecke

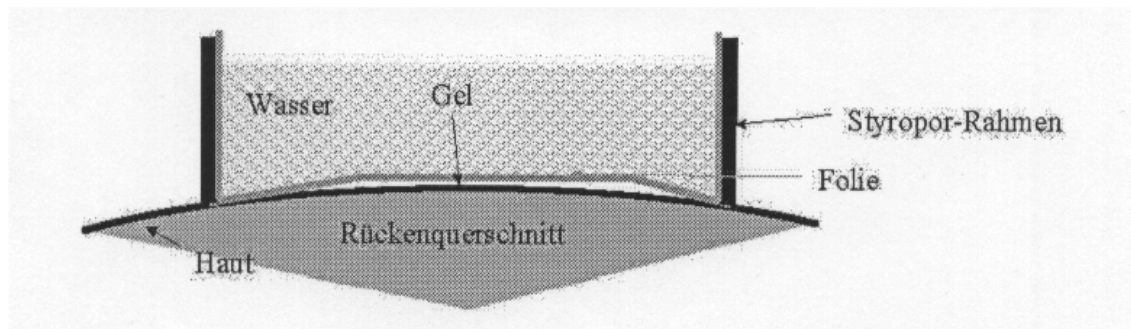
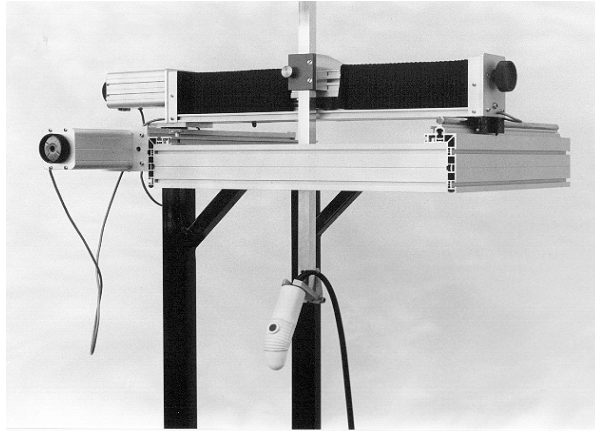


Abb. 17: Ultraschallwandler



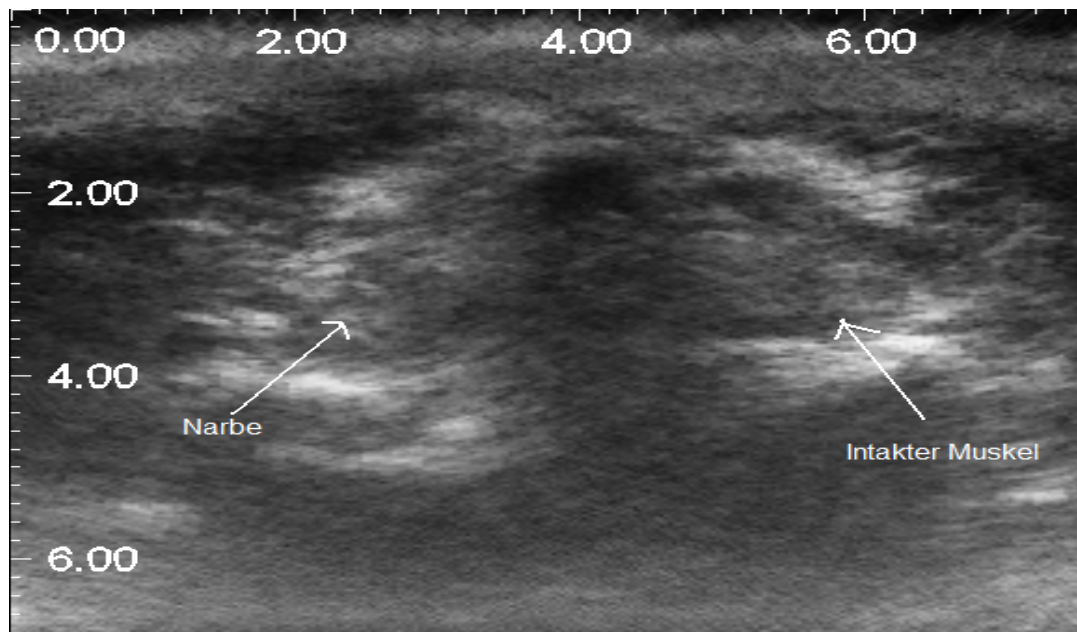
Die ermittelten Compoundingbilder werden digital festgehalten mit der Möglichkeit einen Einblick der einzelnen Ebenen in konsekutiver Reihenfolge zu erhalten, um eine Vorstellung über die Beschaffenheit der Rückenmuskulatur als Ganzes und der Ausbreitung des Narbengewebes zu gewinnen. Überprüft werden sollte, ob eine Dämpfung der gewonnenen Bilder durch Angleichung von Gewebebereichen ähnlicher Dichte zu einer besseren Differenzierung von Muskulatur und Narbengewebe führte.

Ein ähnliches Prinzip verfolgte die Möglichkeit der Einfärbung der Bilder, wobei bestimmte Echogenitäten unterschiedlichen Farben entsprachen. Hier sollten ebenfalls verschiedene Anfärbungen dazu führen, unterschiedliche Gewebedichten zu erkennen.

Abb. 18: Compounding-Bild eines Patienten mit unterbrochener Faszie des M. multifidus auf der linken Seite



Abb. 19: Compounding-Bild eines Patienten mit Narbengewebe auf der linken Seite



Die erhobenen Bilder wurden auf unterschiedliche Kriterien untersucht und bearbeitet. Es wurde das Muskelvolumen des M. multifidus in der Standardebene auf beiden Seiten bestimmt.

Dabei stellte sich die Muskulatur im Compoundingverfahren echoarm dar. Im Gegensatz dazu zeichnete sich das postoperative Narbengebiet durch eine vermehrte Echogenität ab. Es wurde der sagittale Durchmesser des Muskels, der sogenannte Standard, beidseits zwei cm lateral der Dornfortsätze gemessen, um eine weitere Größe für den Muskel zu erhalten.

Das Narbengewebe wurde in allen Ebenen als Fläche markiert und vermessen. Hierbei wurden die Anzahl der Narbengewebe enthaltenden Ebenen, die Summe aller Narbenflächen aus allen Ebenen sowie die Narbenfläche in der Standardebene festgehalten. Weiterhin sind die anteilmäßige Ausbreitung der Narbe im Muskel und die Muskelvolumina beidseits in der Standardebene vermessen worden. Die einzelnen Strukturen des Muskels und der Narbe wurden auf Kriterien wie Regelmäßigkeit, Homogenität und Echogenität untersucht.

II.2.25 Oswestry-Score nach Fairbank et al.

Der Oswestry-Score besteht aus einem mehrseitigen Fragebogen, welcher Informationen über das subjektive Schmerzempfinden und soziale Wohlbefinden des Patienten im Alltag liefert. Es handelt sich um einen validierten Schmerzfragebogen in deutscher Übersetzung, der 1980 von Fairbank et al. zusammengestellt wurde.

Die Fragen beziehen sich auf häufige Tätigkeiten und Bewegungen wie bei der persönlichen Pflege, beim Gehen, Sitzen und Stehen sowie gesellschaftlichen Aktivitäten und in der Freizeit. Dabei werden vom Patienten bei jeder Frage den Schmerzen entsprechend unterschiedliche Punktzahlen vergeben, welche zum einen seine persönliche Einschätzung der

Schmerzsymptomatik widerspiegelt und zum anderen ein Maß für seine Einschränkungen im Alltag liefert. Eine niedrige Punktzahl deutet auf eine geringe subjektive Schmerzbelastung hin, während bei einer hohen Punktzahl starke Schmerzen vorliegen. Die maximale Punktzahl wird mit 40 Punkten erreicht und kennzeichnet eine außergewöhnlich stark ausgeprägte Beeinträchtigung durch die Schmerzen im Alltag.

Nach Fairbank et al. wird eine Abstufung des Ausmaßes der Einschränkung in 5 Schweregrade wie folgt eingeteilt:

Schweregrad 1 mit 0%-20% der erreichten Punktzahl entspricht einer geringen Einschränkung.

Schweregrad 2 mit 20%-40% der erreichten Punktzahl entspricht einer moderaten Einschränkung.

Schweregrad 3 mit 40%-60% der erreichten Punktzahl entspricht einer schweren Einschränkung.

Schweregrad 4 mit 60%-80% der erreichten Punktzahl entspricht einer massiven Einschränkung.

Schweregrad 5 mit 80%-100% der erreichten Punktzahl entspricht einer weitgehenden Immobilisation.

III. Ergebnisse

III.3.1 Auswertung des Oswestry-Score

Prinzipiell besteht ein genereller Nachteil standardisierter Fragebögen darin, dass eine Beurteilung der Patienten nur anhand von gleichen sprachlich vorgegebenen Markmalen und Eigenschaften möglich ist. Hierbei ist im Wesentlichen der unterschiedliche soziale Hintergrund als Ursache zu nennen. Der Sprachcode wird vernachlässigt, wodurch die Effektivität der Methode von vorne herein begrenzt ist.

Bei der Auswertung des Oswestry-Score nach FAIRBANK et al. (1980) zeigte sich ein Durchschnittswert von 20 Punkten. Die Standardabweichung betrug 8,8. Dabei erreichten 29 Patienten eine Punktzahl die größer oder gleich 20 betrug, was einer mittleren Schmerzempfindung entspricht und auf deutliche Einschränkungen im Alltag hinweist.

Von den 5 verschiedenen Schweregraden waren die Schweregrade 1 bis 4 erreicht worden, welche leichten bis massiven Einschränkungen bei den verschiedenen Tätigkeiten im Alltag entsprechen. Die schwerste Stufe der körperlichen Beeinträchtigung war bei keinem Patienten zum Zeitpunkt der Befragung vorhanden. Bei der Unterscheidung der Geschlechter fand sich bei den befragten Frauen ein Mittelwert von 21,1 Punkten, während der Mittelwert bei den Männern bei 20,1 Punkten lag und somit eine leichte Tendenz der weniger ausgeprägten Einschränkung bei den Männern zeigte.

Tabelle 4 spiegelt die geschlechtsabhängige Verteilung der Ergebnisse des Oswestry-Score nach Schweregrad wider.

Tab. 4: Geschlechtsabhängige Verteilung der Ergebnisse des Oswestry-Score nach Schweregrad

Schweregrade	Anzahl der Männer	Verteilung in %	Anzahl der Frauen	Verteilung in %
Schweregrad 1	7	18,9%	2	9,5%
Schweregrad 2	12	32,4%	8	38,1%
Schweregrad 3	12	32,4%	10	47,6%
Schweregrad 4	6	16,2%	1	4,8%
Schweregrad 5	0	0,0%	0	0,0%
Total	37	100,0%	21	100,0%

Es erfolgte die Prüfung der statistischen Signifikanz der geschlechtsabhängigen Verteilung des Oswestry-Score durch den exakten Test nach Fisher sowie alternativ durch den Chi-Quadrat-Test. Zur Korrektheit wurde Zeile 5 (Schweregrad 5) für die Berechnung entfernt.

Tabelle 5: Exakter Test von Fisher

p-value	0.4053
alternative hypothesis: two.sided	

Tabelle 6: Chi-Quadrat-Test

X-squared	3.1575
df (Freiheitsgrade)	3
p-value	0.368

Da beide p-Werte größer als 0,05 sind, ist die geschlechtsabhängige Verteilung der Schweregrade des Oswestry Scores zufällig und weist keine statistische Signifikanz auf. Die maximal zulässige Wahrscheinlichkeit für ein irrtümliches Ablehnen der Nullhypothese wurde für diese Arbeit auf 5% festgelegt.

III.3.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung

In den durchgeführten klinischen Untersuchungen wurde die Motorik der Unterschenkel- und Fußmuskulatur durch Testung von Zehenspitzen- und Hackengang sowie Kniestreckung, die Sensibilität der entsprechenden Dermatome von L3 bis S1 und der Puls- und Reflexstatus der unteren Extremitäten geprüft. Desweiteren erfolgten die Erfassung der Beweglichkeit der Wirbelsäule durch das Schober-Zeichen und den möglichen Finger-Fußboden-Abstand neben verschiedenen Tests wie dem Zeichen nach Lasague und Bragard als Hinweis einer Nervenwurzelreizung und somit Hinweis der Schwere des Postdiskotomiesyndroms.

Bei der Testung des lokalen Druckschmerzes über dem operierten Segment fand sich bei 43 von 58 Patienten eine druckdolente Wirbelsäule im Bereich der entsprechenden Wirbelkörperhöhe. Die Erfassung der schmerzhaften Inklinatation wies bei der Mehrzahl der Patienten (n=41) einen positiven Nachweis auf, ähnlich wie die Reklination, die bei 46 Patienten schmerzhaft war. Der Hackengang war bei den meisten Patienten (39) möglich, während nur 19 Patienten dazu nicht in der Lage waren. Ähnlich verhielt es sich beim Zehenspitzenengang, zu dem 42 Patienten im Stande waren. Die Motorik der Unterschenkel- und Fußmuskulatur war bei etwa der Hälfte der Patienten gestört, während immerhin 46 Patienten eine Sensibilitätsstörung aufwiesen. Das Lasegue-Zeichen fiel bei insgesamt 19 Patienten auf beiden Seiten positiv aus. Auf der linken Seite fand sich bei 27 Patienten ein positiver Lasegue, 9 Patienten waren auf der rechten Seite betroffen. Bei der Testung nach Bragard wurde bei 18 Patienten ein pathologischer Befund auf der linken Seite festgestellt, während bei 6 Patienten dieser auf der rechten Seite erhoben wurde und 19 Patienten beidseits einen Hinweis für eine Nervenwurzelreizung darlegten.

Daraus läßt sich zusammenfassen, dass bei der Mehrzahl der Patienten der Druckschmerz über dem operierten Segment, die In- und Reklination der Wirbelsäule, die Sensibilität der unteren Extremitäten im Bereich der entsprechenden Dermatome sowie die Tests nach Lasegue und Bragard als Hinweis für einen vorhandenen Nervendehnungsschmerz pathologisch ausfielen. Hingegen wiesen die Untersuchungen des Zehen- und Hackenganges, der Motorik der Bein- und Fußmuskulatur als auch des Schober-Zeichens Defizite in begrenztem Maße auf. Hieraus lässt sich erkennen, dass der Großteil der Patienten schmerzhaftes Nervenwurzelsymptome ohne motorische Ausfälle zeigt.

Beim geschlechtsabhängigen Vergleich der Ergebnisse der klinischen Untersuchungen gibt es keine eindeutigen richtungsweisenden Tendenzen, was die Ausprägung der klinischen Symptome betrifft.

III.3.3 Geschlechtsbezogene Darstellung der Ergebnisse

Tabelle 7 zeigt die geschlechtsabhängige Verteilung der zum Untersuchungszeitpunkt bestandenen Arbeitsunfähigkeit und beantragten Renten.

Tabelle 7: Geschlechtsabhängige Verteilung der Arbeitsunfähigkeit und Rentenanträge

	Männer in %	Frauen in %
Arbeitsunfähigkeit	57%	48%
Anzahl der Rentenanträge	19%	24%

Tabelle 8 und Abb. 20 führen die Ergebnisse der klinischen Untersuchungen in Abhängigkeit vom Geschlecht auf.

Tabelle 8: Geschlechtsabhängige Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse

	Männer in %	Frauen in %
Druckschmerz	76%	71%
Inklination schmerzhaft	73%	67%
Reklination schmerzhaft	59%	67%
Hackengang links möglich	68%	67%
Hackengang rechts möglich	65%	86%
Zehengang links möglich	62%	62%
Zehengang rechts möglich	62%	76%
Lasegue links positiv	59%	67%
Lasegue rechts positiv	49%	52%
Bragard links positiv	62%	67%
Bragard rechts positiv	41%	52%
Motorik links pathologisch	51%	52%
Motorik rechts pathologisch	43%	48%
Sensibilitätsstörung	73%	90%

Tabelle 9: Geschlechtsabhängige Darstellung der Narben-und Muskelparameter

	Männer	Frauen
Mittleres Narbenvolumen in cm ³	7,06	7,61
Standardmuskeldicke links in cm	3,58	3,28
Standardmuskeldicke rechts in cm	3,60	3,30
Standardmuskelfäche links in cm ²	10,21	8,81
Standardmuskelfläche rechts in cm ²	10,12	9,16

Abb. 20: Geschlechtsbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse

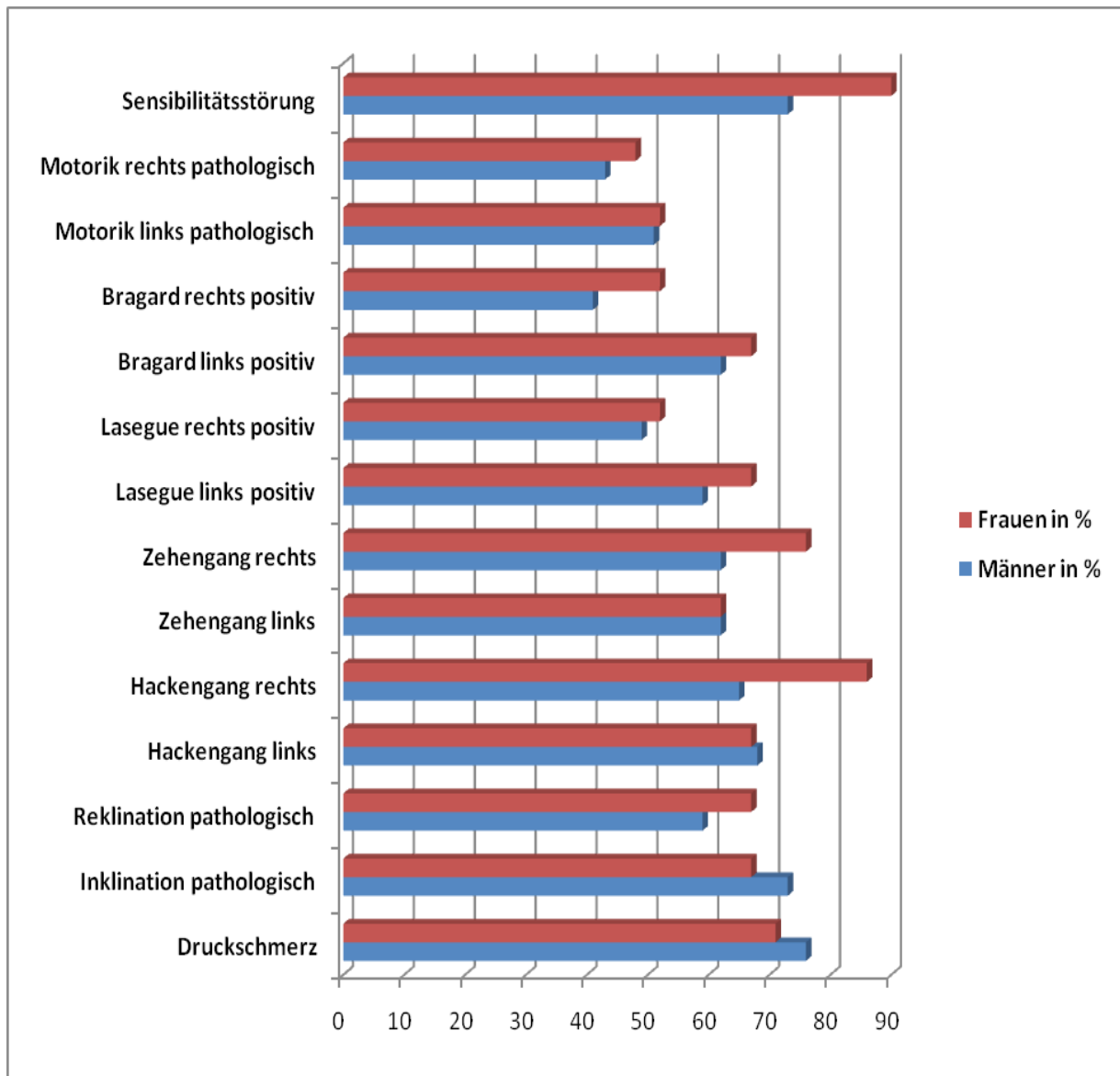
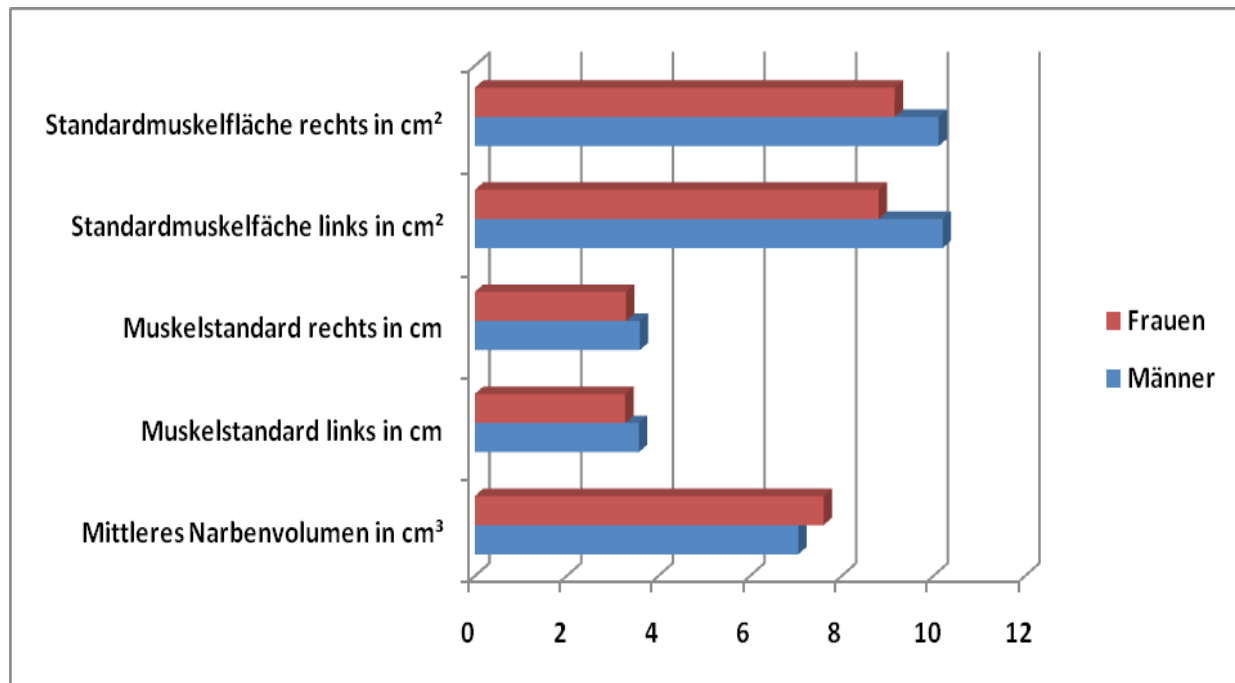


Abb. 21: Geschlechtsbezogene Darstellung der Narben-und Muskelparameter



Die Rückenmuskulatur erwies sowohl einen größeren Muskelstandard wie auch eine größere Muskelstandardfläche beim männlichen Geschlecht auf, was am ehesten der unterschiedlichen körperlichen Konstitution der beiden Geschlechter entspricht.

Dabei verhielt sich das Narbenvolumen bei dem untersuchten Patientengut gegensätzlich und wies bei den Frauen einen größer gemessenen Wert trotz kleinerer Muskelfläche auf.

III.3.4 Altersbezogene Darstellung der Ergebnisse

Es erfolgte des Weiteren eine altersabhängige Darstellung der ermittelten Werte. Dabei wurde das Patientengut in zwei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe setzte sich aus 20 Patienten mit dem Alter zwischen 20 und 35 Jahren zusammen, während die zweite Gruppe aus 38 Patienten im Alter zwischen 36-50 Jahren bestand.

Tabelle 10 und 11 fassen die altersbezogene Darstellung der Ergebnisse zusammen.

Tabelle 10: Altersbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse

	20-35 Jahre	35-50 Jahre
Druckschmerz	71%	75%
Inklination schmerzhaft	71%	21%
Reklination schmerzhaft	71%	59%
Hackengang links möglich	64%	68%
Hackengang rechts möglich	64%	75%
Zehengang links möglich	64%	59%
Zehengang rechts möglich	64%	68%
Lasegue links positiv	64%	61%
Lasegue rechts positiv	50%	50%
Bragard links positiv	79%	59%
Bragard rechts positiv	57%	41%
Motorik links pathologisch	57%	50%
Motorik rechts pathologisch	36%	48%
Sensibilitätsstörung	86%	23%

Tabelle 11: Alterbezogene Darstellung der Narben-und Muskelparameter

	20-35 Jahre	35-50 Jahre
Mittleres Narbenvolumen in cm ³	5,76	7,73
Standardmuskeldicke links in cm	3,38	3,50
Standardmuskeldicke rechts in cm	3,39	3,52
Standardmuskelfäche links in cm ²	9,70	9,71
Standardmuskelfläche rechts in cm ²	9,89	9,74

Abb. 22: Altersbezogene Darstellung der klinischen Untersuchungsergebnisse

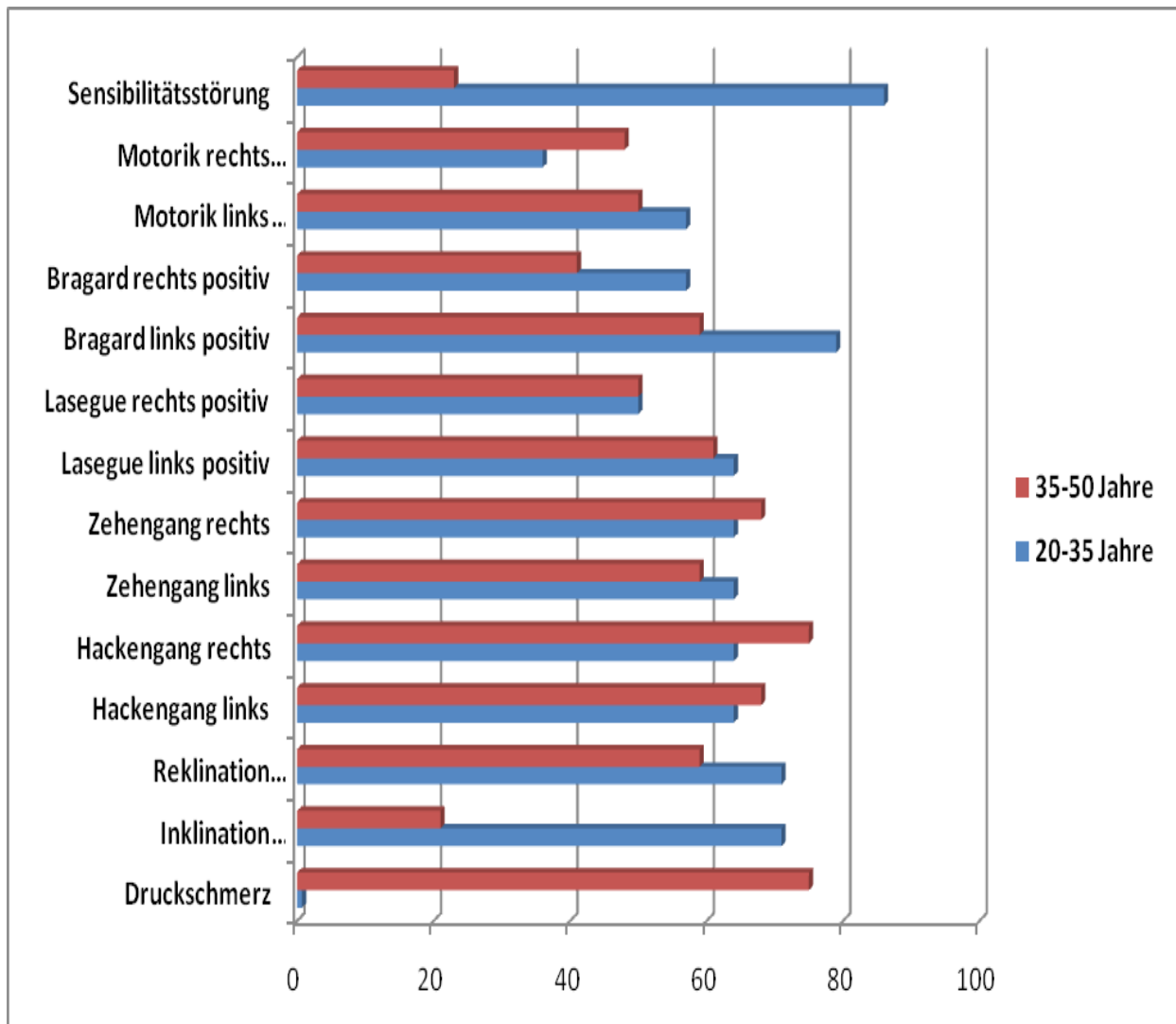
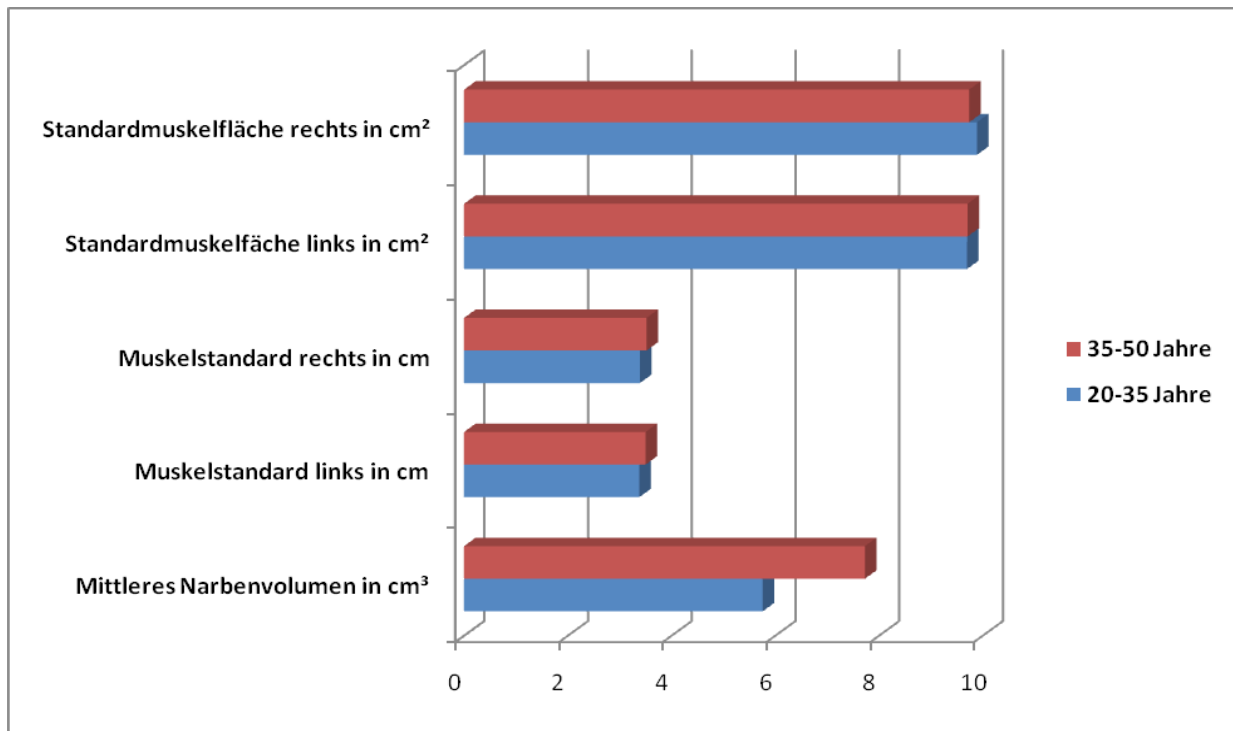


Abb. 23: Altersbezogene Darstellung der Narben-und Muskelparameter



In dieser Gegenüberstellung der beiden Altersgruppen fällt ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Größe des Narbenvolumens auf. Es zeichnet sich ein deutlich größerer Wert des Narbenvolumens bei der Patientengruppe mit dem höheren Alter ab. Er beträgt in der älteren Gruppe 7,7 cm³ im Gegensatz zu 5,7 cm³ bei der jüngeren Gruppe. Eine Erklärung wäre, dass mit zunehmendem Alter eine postoperative Restitution vermindert ist, so dass eine Operation mit zunehmendem Alter möglicherweise ein erhöhtes Risiko der Entstehung einer postoperativen Narbe birgt. Des Weiteren ist bei älteren Patienten durch eine üblicherweise stärkere Degeneration der Wirbelgelenke ein größerer operativer Eingriff im Sinne einer Diskektomie in Kombination mit einer knöchernen Dekompression des Spinalkanals notwendig.

Der Tabelle 6 ist weiterhin zu entnehmen, dass diese ältere Patientengruppe, ebenfalls eine etwas höhere Tendenz der Einschränkung im Oswestry-Score aufweist mit im Mittel 20,9 Punkten im Gegensatz zur jüngeren Gruppe mit 20,1 Punkten.

Die Auswertung der Differenzierung der einfach und mehrfach operierten Patienten wird zu einem späteren Zeitpunkt erörtert.

III.3.5 Ermittelte Muskelgrößen und Narbenvolumen im Compounding-Verfahren

Mit Hilfe des Compounding-Verfahrens sind insgesamt 8 Bilder von jedem Patienten in verschiedenen Ebenen aufgenommen worden. In der Standardebene sind beidseits die Muskelvolumina der tiefen Rückenstreckmuskulatur, der Muskelstandard auf beiden Seiten, welcher dem Sagitaldurchmesser des Muskels 2 cm lateral des Dornfortsatzes entspricht, und die

Narbenfläche auf der operierten Seite in der Standardebene bestimmt worden. Zusätzlich ist die Narbenfläche in allen übrigen 7 Ebenen ebenfalls ausgemessen und mit einer linearen Näherungsformel als Volumen berechnet worden, um eine Abschätzung des gesamten Ausmaßes der Narbenausbreitung zu erhalten. Es wurde zusätzlich die Anzahl der Ebenen bestimmt, in denen Narbengewebe zu erkennen war.

Tabelle 12: Mittelwerte von Muskelgröße und Narbenvolumen im Compoundingverfahren sowie Länge der Hautnarbe

	Mittelwerte	Standardabweichung
Standardmuskeldicke links	3,5 cm	0,6
Standardmuskeldicke rechts	3,5 cm	0,6
Standardmuskelfläche links	9,7 cm ²	3,3
Standardmuskelfläche rechts	9,8 cm ²	3,3
Standardnarbenfläche	3,3 cm ²	1,8
Narbenvolumen	7,25 cm ³	3,6
Hautnarbenlänge	5 cm	2,2

Die Erfassung der Narbenfläche in der Standardebene wies Werte zwischen 0,7 cm² und 8,8 cm² auf und zeigte somit eine deutliche individuelle Streuung. Der errechnete Durchschnittswert betrug 3,3 cm².

III.3.6 Lineare Näherungsformel für das Narbenvolumen

Um einen Näherungswert für das Narbenvolumen aus den gemessenen Narbenflächen der einzelnen Ebenen zu erhalten wurde folgende lineare Näherungsformel angewandt:

$$\sum_{i=1}^N F \text{ cm}^2 \times 0,5 \text{ cm} \times n = V \text{ cm}^3$$

n= Anzahl der Ebenen mit Narbengewebe

F= Narbenflächen in cm²

V= Näherungswert für Narbenvolumen cm³

Bei dieser Berechnung erfolgte eine Integration der Summe der in den einzelnen Schnittebenen erfassten Narbenflächen multipliziert mit der Anzahl der erfassten Ebenen mit Narbengewebe. Dabei stellte der Zahlenwert 0,5 cm den Abstand zwischen den einzelnen Ebenen dar.

Die Näherungsformel für das Durchschnittsvolumen des Narbengewebes ergab bei den 58 Patienten einen Wert von 7,25 cm³. Bei der Betrachtung von Männern und Frauen fand sich ein geschlechtsspezifischer Unterschied, da das Durchschnittsvolumen bei Männern mit 7,06 cm³ durchschnittlich weniger betrug als bei den Frauen mit einem mittleren Volumen von 7,61 cm³.

Die Muskelfläche in der Standardebene lag im Mittel bei 9,7 cm² auf der linken Seite mit einer Standardabweichung von 3,3 und 9,8 cm² auf der rechten Seite mit einer Standardabweichung von 3,3.

Die Standarddicke des Muskels als sagittal gemessene Strecke 2 cm lateral des Dornfortsatzes wies einen Mittelwert von 3,5 cm linksseitig wie auch rechtsseitig auf und zeigte somit keine nachweisbare Seitendifferenz.

In der konventionellen Sonographie mittels 7,5 MHz Schallkopf fanden sich für die Standarddicke des Muskels linksseitig 2,94 cm und rechtsseitig 2,95 cm, so dass sich auch hier wie im Compounding Verfahren kein wesentlicher Seitenunterschied ergab.

III.3.7 Gegenüberstellung von erfassten Parametern und klinischen Beschwerden

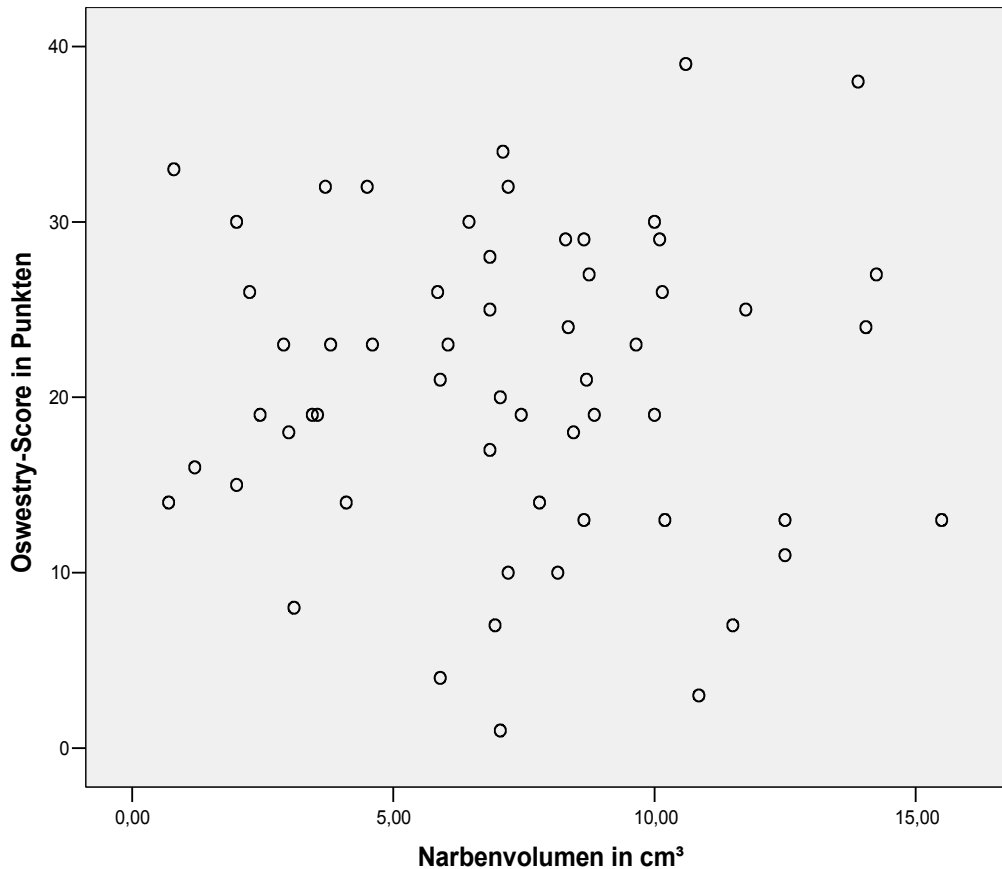
Um den Zusammenhang von Narbengröße und klinischer Beschwerdesymptomatik zu prüfen, ist die Narbengröße mit den Ergebnissen der klinischen Untersuchungen sowie dem Oswestry-Score verglichen worden.

Berechnet wurde der Pearson'sche Korrelationskoeffizient r , der den linearen Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen misst und Werte zwischen -1 und 1 annimmt. Dabei steht ein Wert von -1 für eine negative, ein Wert von 1 für eine positive und ein Wert von 0 für keine Korrelation. Um zu überprüfen, ob die berechneten Korrelationskoeffizienten nicht nur für die vorliegende Stichprobe von 0 abweichen, sondern ob diese Aussage auf die zugrunde liegende Grundgesamtheit übertragbar ist, wurde ein zweiseitiger t-Test durchgeführt. Getestet wurde dabei $H_0: p = 0$ vs. $H_1: p \neq 0$. Zu beachten ist, dass insgesamt 15 Tests durchgeführt wurden. Bei einem Signifikanzniveau von 5 % liegt somit die erwartete Anzahl falscher Testentscheidungen im Sinne des Fehlers 1. Art bei etwa 1.

Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen dem Narbenvolumen und dem Oswestry-Score für das gesamte Patientengut geprüft. Hier ergab sich ein Korrelationskoeffizient nach Pearson von $r = 0,0258$ mit einer Signifikanz von $p = 0,8477$. Ein positiver Zusammenhang zwischen Narbengröße und subjektivem Schmerzempfinden im Oswestry-Score konnte aus den errechneten Werten nicht aufgezeigt werden.

Das Streudiagramm (Abb. 24) veranschaulicht, dass graphisch kein linearer Zusammenhang besteht.

Abb. 24: Streudiagramm der Variablen Narbenvolumen und Oswesty-Score



Stellt man das Schober-Zeichen als Ausdruck der Wirbelsäulenbeweglichkeit mit dem Oswesty-Score gegenüber, so kann hier bei einem $r = -0,2297$ und einem $p = 0,0828$ keine Korrelation zwischen Wirbelsäulenbeweglichkeit und subjektivem Schmerzempfinden beobachtet werden. Die Gegenüberstellung des Schober-Zeichens mit dem Narbenvolumen wies bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,0309$ mit einem $p = 0,8179$ gleichfalls keinen Zusammenhang auf. Das Merkmal Schober enthält jedoch einen Ausreißer mit einem Wert von 25 cm. Entfernt man diese Beobachtung kommt man zu folgenden Ergebnissen: Der Korrelationskoeffizient beträgt für das Schoberzeichen und dem Narbenvolumen 0,0975 mit einem p-Wert von 0,4706 ($n=57$). Für das Schoberzeichen und dem Oswesty-Score ermittelt sich ein Korrelationskoeffizient von $-0,2297$ und ein p-Wert von 0,0828. Unter Entfernung des Zahlenausreißers für das Schoberzeichen mit $n=57$ ergibt sich ein r von $-0,3388$ und ein p von 0,0099. Ein Zusammenhang zwischen Schoberzeichen und Narbenvolumen kann nicht beobachtet werden. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die Schmerzsymptomatik nicht von der Wirbelsäulenbeweglichkeit abhängt, sondern bei anderen Tätigkeiten im Alltag hervorgerufen wird oder von diesen unabhängig auftritt.

Bei dem Vergleich des positiven Lasegue-Zeichen für die linke Seite mit der Narbengröße ergab sich für die linke Seite $r = 0,1249$ mit einer Signifikanz von $p = 0,4748$. Für die rechte Seite lag

das r bei 0,0414 mit einer Signifikanz von $p=0,8310$. Auch hier konnte bei den Untersuchungen kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Narbengröße und Schmerzen im Sinne einer Wurzelreizung gefunden werden. Bei der Gegenüberstellung von Oswestry-Score und Lasegue-Zeichen fand sich ebenfalls keine Korrelation, da der Korrelationskoeffizient für die linke Seite $-0,1218$ betrug mit $p=0,4859$ und auf der rechten Seite ein Wert von $-0,0808$ mit $p=0,6768$ zu erheben war.

Vergleicht man nun den Oswestry-Score mit dem Narbenvolumen bei Patienten mit einmaliger Bandscheibenoperation und denen mit mehrmaliger Operation, so stellt sich hier ebenfalls kein signifikanter Unterschied dar, da bei beiden Patientengruppen keine Korrelation zwischen körperlicher Einschränkung und gemessener Narbengröße vorliegt. Der Korrelationskoeffizient bei den einfach operierten Patienten lag bei 0,0946 mit einer Signifikanz von $p=0,5888$, während er bei den mehrfach operierten Patienten bei 0,0098 lag mit $p=0,9644$. Die dargestellten Ergebnisse bestätigen also nicht die vermutete Hypothese, dass ein Zusammenhang zwischen Größe der postoperativ entstandenen muskulären Narbe und klinischen Beschwerden beim Postdiskotomiesyndrom besteht.

Unterteilt man die Patienten in drei Gruppen nach Lokalisation des operierten Segmentes und vergleicht die Narbengröße der jeweiligen Operationshöhe mit der Auswertung des Oswestry-Scores, so findet sich für die Untergruppe L3/L4 ein $r=-0,2303$ mit $p=0,8521$, für die Patienten mit Operation auf Höhe L4/L5 ein $r=0,0013$ mit $p=0,9961$ und für die dritte Gruppe L5/S1 ein $r=0,0709$ mit einem $p=0,6681$. Auch hier ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen Höhenlokalisierung der Narbengröße und Schmerzsymptomatik erkennbar.

Bei dem Vergleich der durchschnittlichen Narbengröße in Abhängigkeit der Höhenlokalisierung zeigte sich jedoch bei dem untersuchten Patientengut eine tendenzielle Zunahme der Narbengröße nach kaudal, da der Mittelwert des Narbenvolumens der auf Höhe L3/L4 Operierten bei $12,5\text{ cm}^3$ lag, der Höhe L4/L5 bei $14,58\text{ cm}^3$ und der Höhe L5/S1 bei $14,70\text{ cm}^3$. Es konnte ein geschlechtsabhängiger Unterschied hinsichtlich der mittleren Narbengröße beobachtet werden, da das mittlere Narbenvolumen beim männlichen Geschlecht $6,8\text{ cm}^3$ betrug und bei den Frauen mit im Mittel $8,04\text{ cm}^3$ höher lag.

Im Weiteren wurde die Narbengröße mit der Arbeitsunfähigkeit sowie das Vorliegen eines gestellten Rentenantrages zum Untersuchungszeitpunkt gegenübergestellt. Es stellte sich hier heraus, dass die Narbengröße nicht mit dem Vorliegen einer Arbeitsunfähigkeit in Zusammenhang gebracht werden konnte. Hier fand sich ein Korrelationskoeffizient von $r=-0,1254$, die Signifikanz lag bei $p=0,3481$. Auch beeinflusste die Narbengröße nicht die Stellung eines Rentenantrages, was aus der Berechnung von $r=-0,0669$ mit $p=0,6177$ hervorging.

Tabelle 13 vermittelt einen Gesamtüberblick der errechneten Werte.

Tabelle 13: Gegenüberstellung verschiedener Parameter mit Angabe von Korrelationskoeffizient nach Pearson und p-Wert

Parameter	Pearson'scher Korrelationskoeffizient	p-Wert
Oswestry – Narbenvolumen	r= 0,0258	p= 0,8477
Narbenvolumen - Arbeitsunfähigkeit	r=-0,1254	p= 0,3481
Narbenvolumen - Rentenantrag	r=-0,0669	p= 0,6177
Positiver Lasegue links - Narbenvolumen	r= 0,1249	p= 0,4748
Positiver Lasegue rechts - Narbenvolumen	r= 0,0414	p= 0,8310
Oswestry - Positiver Lasegue links	r=-0,1218	p= 0,4859
Oswestry - Positiver Lasegue rechts	r=-0,0808	p= 0,6768
Oswestry - Rentenantrag	r=-0,2662	p= 0,0434
Oswestry - Narbenvolumen bei einfach OP	r= 0,0946	p= 0,5888
Oswestry - Narbenvolumen bei mehrfach OP	r= 0,0098	p= 0,9644
Schoberzeichen - Narbenvolumen	r= 0,0309	p= 0,8179
Schoberzeichen - Oswestry	r= -0,2297	p= 0,0828
Oswestry - Narbenvolumen bei OP L3/L4	r=-0,2303	p= 0,8521
Oswestry - Narbenvolumen bei OP L4/L5	r= 0,0013	p= 0,9961
Oswestry - Narbenvolumen bei OP L5/S1	r= 0,0709	p= 0,6681

Das Zeichen nach Lasegue als Indikator eines radikulären Reizsyndroms wurde im Weiteren genauer analysiert. Es erfolgte eine Differenzierung nach Gradzahl und somit Schwere der Ausprägung unter Einteilung der Patienten in zwei Subgruppen mit einem positiven Lasegue bis 30 Grad und einem positiven Lasegue über 30 Grad. Dabei ergaben sich folgende Werte:

Tabelle 14: Mittelwerte der Narbenparameter

Lasegue positiv	Narbenfläche in Standardebene	Summe der Narbenflächen aller Ebenen	Anteil der Narbenausdehnung im Muskel	Ebenenanzahl mit Narbe
< 30°	3,1 cm ²	15,6 cm ²	56,3 %	5,7
≥ 30°	2,8 cm ²	10,8 cm ²	64,1 %	4,8

Tabelle 15: Standardabweichungen der Narbenparameter

Lasegue positiv	Narbenfläche in Standardebene	Summe der Narbenflächen aller Ebenen	Anteil der Narbenausdehnung im Muskel	Ebenenanzahl mit Narbe
< 30°	1,6 cm ²	7,7 cm ²	31,9 %	1,6
≥ 30°	1,3 cm ²	7,1 cm ²	39,8 %	2,3

Tabelle 16: Ergebnisse des zweiseitigen t-Tests

	Narbenfläche in Standardebene	Summe der Narbenflächen aller Ebenen	Anteil der Narbenausdehnung im Muskel	Ebenenanzahl mit Narbe
<i>p</i> -Wert	0,6518	0,0035	0,5549	0,1932

Tabelle 14 führt verschiedene Parameter zur Erfassung der Narbenausprägung beim positiven Lasegue-Zeichen unter 30 Grad und ab 30 Grad auf. In der Patientengruppe mit positivem Lasegue-Zeichen unter 30 Grad weisen die Narbenfläche in der Standardebene, die Summe der Narbenflächen aller Ebenen und die Ebenenanzahl mit Narbe größere Messwerte auf als in der Vergleichsgruppe. Die einzelnen Merkmale der beiden Gruppen wurden auf eine statistische Signifikanz überprüft. Getestet wurde $H_0: \mu_{<30^\circ} = \mu_{\geq 30^\circ}$ vs. $H_1: \mu_{<30^\circ} \neq \mu_{\geq 30^\circ}$. Die Varianzgleichheit wurde dabei vorab mit einem Levene-Test überprüft und wurde bei keinem der vier Merkmale verworfen. Es zeigte sich für die Summe der Narbenflächen aller Ebenen, welche dem ermitteltem Narbenvolumen entsprach, ein *p* von 0,0035 und somit eine statistische Signifikanz. Daraus ergibt sich, dass das bestimmte Narbenvolumen in der Gruppe mit positivem Lasegue-Zeichen ab 30 Grad signifikant geringer ist als in der Vergleichsgruppe. Die vorliegenden Werte der Tabellen 14-16 deuten auf einen Zusammenhang zwischen klinischer Symptomatik und Größenausprägung des Narbengewebes hin. Bei der Betrachtung der Subgruppen mit positivem Lasegue-Test lässt ein bei bereits kleinen Beinbewegungen auslösbarer Schmerz auf ein größeres Narbengewebe schließen.

IV. Diskussion

Zunächst werden die grundsätzlichen Schwierigkeiten, welche sich bei der Ermittlung der erhobenen Ergebnisse mittels Compounding-Verfahren ergeben haben, dargestellt. Im Weiteren werden die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit im Vergleich zu bisher erhobenen Daten aus der Literatur erörtert. Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse mit den Funden aus der Literatur gegenübergestellt oder verglichen.

Ein grundsätzliches Problem bei der vorliegenden Arbeit bestand im Hinblick auf das ausgewählte Patientengut. In Anbetracht der Tatsache, dass die Arbeit PDS-Patienten sowohl mit einmalig sowie mehrmalig durchgeführter Operation eingeschlossen hat, ist eine eindeutige Aussage über die Entstehung der Narbengröße und ihre tatsächliche Korrelation zur bestehenden Schmerzsymptomatik nicht sicher zu treffen. Somit ist eine zuverlässige Erkenntnis der dargestellten Ergebnisse aufgrund des Studiendesigns nicht herzuleiten gewesen.

Ein weiterer Punkt, der zu einer Einschränkung der Lieferung von nachprüfaren Ergebnissen führte, war das Compounding-Verfahren, welches trotz Darstellung standardisierter Bilder der Rückenmuskulatur im Hinblick auf die Auswertung eine gewisse mit Fehlern behaftete Untersucherabhängigkeit aufwies.

Die individuelle Morphologie des Muskel- und Narbengewebes führte in manchen Fällen zu Schwierigkeiten bei der Ausmessung der jeweiligen Größen, sodass das eigentliche Ausmaß des

vorhandenen Narbengewebes trotz verbesserter Auflösung im Vergleich zur konventionellen Sonographie untersucherabhängig ermittelt wurde.

In der vorliegenden Arbeit haben die dargestellten Ergebnisse der klinischen Untersuchungen und des bildgebenden Verfahrens des multidirektionalen Ultraschalls keine statistisch signifikante Korrelation zueinander aufgezeigt, welche die Hypothese belegen konnte, dass die Muskelnarbe mit der klinischen Schmerzsymptomatik zusammenhängt. Lediglich eine Subgruppenanalyse, welche das positive Laseguezeichen genauer untersuchte, wies auf einen Zusammenhang zwischen Narbengröße und damit verbundener Nervenwurzelreizung beim frühen Lasegue-Zeichen hin.

Die mittels Compounding-Verfahren erfassten Aufnahmen zeigten auf der operierten Seite ein Narbengewebe, welches unabhängig von den angegebenen Beschwerden unterschiedlich ausgeprägt war. Allerdings muss nicht jede Narbe mit nachfolgenden Schmerzen einher gehen. Hier kommen eine genetische Disposition des einzelnen Patienten und äußere Umstände zum Tragen, die nicht beeinflusst werden können (MÖLLER, 2003). In der Literatur finden sich bislang keine Angaben zwischen Narbengröße und vorhandener Schmerzempfindlichkeit (MARONDE, 2006).

Im Rahmen des operativen Zugangsweges bei der offenen Diskektomie kann man davon ausgehen, dass der den M. multifidus segmental versorgende dorsale Spinalnervenast während der Operation durch Druck, Zug oder selten durch Durchtrennung während der stumpfen Präparation des Muskels nach lateral beim Zugang zum Ligamentum flavum und durch den Haken- bzw. Spreizerdruck direkt oder indirekt verletzt wird (GRIFKA et al., 1999).

Eine Studie nach DULLERUD (1998) ergab, dass Patienten mit massiver Narbenbildung dreimal häufiger rezidivierende radikuläre Schmerzen erlitten als Patienten mit geringer epiduraler Fibrose. Aber aufgrund fehlender, signifikanter Unterschiede zwischen symptomatischen und asymptomatischen Personen in einigen Studien bezeichnete er eine langfristige Bedeutsamkeit der Narbenbildung als ursächlichem Faktor des PDS als noch ungewiss.

KRÄMER (1998) fand eine gehäufte Prävalenz der postoperativen Rückenbeschwerden vorwiegend beim männlichen Geschlecht, was er als einen unbekannten geschlechtsspezifischen Faktor benennt. Da an dieser Studie mehr Männer als Frauen teilgenommen haben, ist aufgrund des Studiendesigns und der beschränkten Größe des Kollektivs diesbezüglich jedoch keine adäquate Aussage zu treffen.

Der Zusammenhang zwischen Erfolg der Bandscheibenoperation und Dauer der zuvor bestehenden Schmerzsymptomatik wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Eine lang bestehende Schmerzanamnese wird häufig mit einer negativen, prädiktiven Aussage über den Erfolg der primären Diskotomie in Verbindung gebracht, was FRITSCH (1996) in einer Studie widerlegte. Auch HOFFMANN (1993) bewertet die vor Therapie bestehende Schmerzdauer im Hinblick auf das zu erwartende Therapieergebnis ebenfalls als nicht aussagekräftige Variable. MURRISCH (1993) hingegen postuliert, dass die Krankheitsdauer der Patienten sehr wohl eine Auswirkung auf den Operationserfolg habe, da reaktive Veränderungen in Form von Verwachsungen sekundär zu Schädigungen der Nerven führten.

LUITJENS (1998) fand in einer Arbeit heraus, dass Patienten mit positivem oder früh positivem Lasegue-Zeichen im Vergleich zu Patienten mit einem negativen oder endgradig positiven Lasegue-Befund signifikant bessere Ergebnisse nach durchgeführter Operation aufwiesen. Eine Abhängigkeit zwischen eingetretenem Therapieerfolg und zuvor bestandener Beschwerdedauer

trat weder bei konservativer noch operativer Therapie auf. Ungünstig auf den Genesungsverlauf wirken sich nach HASENBRING (1992) Depressivität, Art der Schmerzbewältigung und Vermeidungsverhalten aus.

Beim Vergleich der verschiedenen Operationsverfahren wies die Mikrodiskotomie gegenüber der Standarddiskotomie eine höhere Erfolgsquote von 95 % versus 90 % auf. Desweiteren waren häufiger gute Operationsergebnisse (82 vs 73%) und eine kürzere Hospitalisationszeit bei vergleichbarer Rezidivrate (4%) zu verzeichnen (SCHMID, 2000). Die offenen operativen Verfahren waren dabei den perkutanen Verfahren wie Chemonukleolyse und Lasertherapie in nahezu allen Aspekten überlegen und wiesen eine geringere Rezidivrate bei häufigerem Erfolg auf. Aufgrund von bis zu 30% unbefriedigender Ergebnisse nach operativen Interventionen nach Bandscheibenvorfall wurde eine Vielzahl von minimal-invasiven Therapieverfahren entwickelt, deren erfasster Einsatz bei den gesetzlichen Krankenkassen etwa 5% beträgt. In einer systematischen Übersicht der publizierten Literatur, die eine Reihe von veröffentlichten Studien bewertete, ist jedoch der Status der minimal-invasiven Verfahren im Vergleich zum Standardeingriff als fortlaufend experimentell einzustufen und ohne derzeitige Einsatzempfehlung (LÜHMANN et al., 2005). Eine Ausnahme bildet jedoch die Chemonukleolyse, deren Wirksamkeit sich auf der Grundlage valider Studiendaten beurteilen lässt. DULLERUD (1998) zufolge hat die Operationstechnik keinen Einfluss auf das Ausmaß der Fibroseentstehung. Nach seiner Erkenntnis war die Narbenbildung unabhängig von durchgeführter Mikrodiskotomie bzw. Makrodiskotomie.

Der Zusammenhang zwischen der Operationstechnik und ihrem Einfluss auf die Fibroseentstehung wird im Spiegel der Literatur unterschiedlich bewertet. Unstrittig scheint zu sein, dass bei mikrochirurgischer Erstoperation mit minimalem Zugang postoperative Vernarbungen in geringerem Maße vorliegen sollen als bei üblicher Diskotomie. Durch Schonung des Längsbandes aufgrund des posterolateralen Zugangsweges, wird die Bildung des epiduralen Narbengewebes verringert. Außer Frage steht, dass eine Laminektomie (Entfernung des gesamten vertebrealen Bogens) aufgrund der Gefahr der Entstehung von Instabilität beim Ersteingriff und zur Vermeidung einer muskulären Narbe möglichst vermieden werden sollte. Während der Operation sollte daher eine möglichst geringe Intervention durchgeführt werden, die eine umschriebene Lösung des M. multifidus im Bereich des Zugangs vom Ligamentum interspinale sowie in den angrenzenden Bereichen der Dornfortsätze umfasst. Auch ist auf diese Weise einer postoperativen Instabilität vorzubeugen. Eine Schädigung des Ramus dorsalis des Spinalnervs sollte nach Möglichkeit vermieden werden, welcher als weitere Ursache der Entstehung eines Postdiskotomiesyndroms gesehen wird (GRIFKA et al., 1999).

Zur Prävention der Entstehung postoperativen epiduralen Narbengewebes wurden unterschiedliche Ansätze angewandt. BERNSMANN und KRÄMER (2001) führten in einer prospektiven randomisierten Doppelblindstudie Untersuchungen an Patienten mit autologer Fett-Transplantation durch und kamen zu der Erkenntnis, dass keine signifikante Abhängigkeit zwischen dem klinischen Bild oder sozialen Aspekten und der durchgeführten Transplantation bestand, obgleich für eine autologe Fetttransplantation eine geringere intraspinale Narbenbildung postuliert wurde. Die lokale Anwendung von hochmolekularer Hyaluronsäure nach Laminektomie führt nach Untersuchungen von SCHIMIZZI et al. (2006) zu einer Reduktion der Ausschüttung von proinflammatorischen Zytokinen und Makrophagen, wodurch die Fibrosebildung im Operationsgebiet vermindert werden könne.

Insgesamt bleibt die strenge Indikationsstellung zur Operation zur Prävention eines Postdiskotomiesyndromes hervorzuheben. WARNECKE und FRIEDRICH (1990) untersuchten eine Gruppe von 65-84-jährigen Patienten, bei denen nach frustriertem konservativem Therapieversuch eine Diskotomie durchgeführt wurde. Sie stellten fest, dass man eine operative Therapie des Bandscheibenvorfalles nicht wegen eines deutlich fortgeschrittenen Alters ablehnen sollte, da eine Zufriedenheit der Patienten von 80 % erreicht wurde. NYKVIST (1991) hingegen stellte fest, dass ein Alter über vierzig Jahre bei operativer und auch konservativer Therapie mit einem schlechten Fünfjahresergebnis vergesellschaftet war. Angesichts eines oft langwierigen Krankheitsverlaufs mit nur kurzzeitigen Remissionen wird häufig zur Erhaltung der Arbeitsfähigkeit eine Operation erwogen. Dennoch sollte die Operationsindikation besonders im höheren Alter vorsichtig gestellt werden, da mit einer allmählichen Spontanbesserung zu rechnen ist. Als Kontraindikationen für eine Operation gelten Kreuzschmerzen ohne radikuläre Symptomatik sowie Unklarheiten in der Diagnose.

Besteht nun nachgewiesenerweise ein Postdiskotomiesyndrom, so ergeben sich nach Einschätzung unterschiedlicher Autoren verschiedene Therapieansätze. Bei persistierender Schmerzsymptomatik trotz konservativer Therapieversuche bleibt als ultima ratio die Durchführung einer erneuten Operation. Eine relativ gute Prognose bei einer Reoperation nach lumbaler Diskotomie fand FRANK (1993) vor allem bei einem Reprolaps, wohingegen das alleinige Auffinden von Narbengewebe im Sinne eines Postdiskotomiesyndroms als Ursache für persistierenden Schmerz eine deutlich schlechtere Prognose aufweise. In einer Untersuchung von 130 reoperierten Patienten konnte FANDINO (1993) ein zufrieden stellendes Resultat für 62 % der an einem Reprolaps operierten Patienten ermitteln, während der Versuch einer Reoperation zur Revision von Narbengewebe nur in 38% der Fälle erfolgsversprechend war. Hieraus resultierte die Ansicht, dass das alleinige Auffinden von Narbengewebe eine relative Kontraindikation für ein weiteres chirurgisches Vorgehen darstelle.

Von entscheidender Bedeutung im Bezug auf die Indikationsstellung zur Reoperation sei daher die Differenzierung zwischen Reprolaps und Narbengewebe. Hierfür eignet sich die Gd-DTPA(Gadolinium-diethylentriaminpenta Säure) gestützte Kernspintomographie mit einer Sensitivität von über 90 % am besten. Sie stellt außer Frage die Methode der Wahl bei der Untersuchung der postoperativen Spinalgegend dar, da sie Aussagen über das komprimierende Bandscheibenmaterial, Ausmaß der epiduralen Narbe sowie den Verlauf der betroffenen Nervenwurzel erlaubt. Eine mechanische Instabilität einschließlich Facettenluxation, Spondylolisthesis oder Pseudarthrose sind hingegen besser mit dem CT zu beurteilen (FAN, 1995).

Dennoch stellt die Diagnosestellung des Postdiskotomiesyndroms immer noch ein wesentliches Problem dar. Obgleich mit der Kernspintomographie ein modernes leistungsfähiges bildgebendes Verfahren zur Verfügung steht, liegt die Hauptschwierigkeit der Behandlung in der oft bestehenden Diskrepanz zwischen radiologischem Befund und klinischer Beschwerdesymptomatik. Ungünstig auf die Erfolgsrate wirke sich nach FRITSCH (1996) eine steigende Anzahl durchgeführter Revisionen aus, während im Gegensatz dazu gute Langzeitergebnisse nach primären Diskotomien vorlägen. Aufgrund der Tatsache, dass die epidurale Fibrose nicht nur bei Patienten mit zahlreichen Revisionen zu finden sei, sondern auch bei Patienten mit rezidivierendem Bandscheibenvorfall, schloss er, dass eine weitere mögliche Ursache der Fibroseentstehung ebenfalls bei einem bestehenden Bandscheibenvorfall zu suchen

ist. Durch die ständige Irritation kommt es zur Ausbildung einer Fibrose, so dass therapeutisch eine spinale Fusion erfolgsversprechend scheint. Diese habe im Gegensatz zur Fibrinolyse gute Ergebnisse erzielt. Außer Frage steht, dass eines der wesentlichen Probleme der Entstehung einer epiduralen Fibrose vor allem die Laminektomie darstellt, welche zur Instabilität und häufigen Revisionen führt. Wird von einer erneuten operativen Intervention abgesehen, kommt die konservative Therapie mit zahlreichen Ansätzen zum Tragen. In einer Studie nach MILLER (2005) mit 128 Patienten mit und ohne PDS, welche eine interdisziplinäre Therapie bestehend aus physikalischer, funktioneller und psychosozialer Komponente erhielten, profitierten alle Patienten deutlich von der durchgeführten kombinierten Therapie. Der Vergleich von einer Gruppe mit durchgeführten Injektionen und einer Gruppe ohne Injektionen zeigte keinen signifikanten Unterschied im Endergebnis.

Einen wichtigen Aspekt bei der Schmerzbewältigung stellt ebenfalls das Verhältnis zwischen Arzt und Patient dar. In einer Pilotstudie wurde der Einfluss von kognitiven Faktoren zu Gesundheit und Krankheit auf die Anwendung von Bewältigungsstrategien von PDS-Patienten und gesunden Probanden untersucht. Hierbei spielt das Vertrauen eine Rolle, welches der Schmerzpatient dem Arzt gegenüber häufig aus Resignation verloren hat und welches erneut im Sinne eines konstruktiven Ansatzes aufgebaut werden sollte (KASTNER, 2004).

V. Zusammenfassung und Ausblick

In vorliegender Arbeit erfolgte eine Darstellung der Rückenstreckmuskulatur nach Alteration beim Postdiskotomiesyndrom mittels eines multidirektionalen Aufnahmeverfahrens des Ultraschalls. Die erstellten Aufnahmen wurden auf entstandenes Narbengewebe im Bereich des Operationsgebietes untersucht. Die Frage nach einer Kausalität zwischen Narbengewebe und klinischer Beschwerdesymptomatik der Patienten war ein wichtiger Bestandteil der Fragestellung der Arbeit. Die Tauglichkeit des multidirektionalen Ultraschall-Aufnahmeverfahrens als Untersuchungsmethode zur exakten Differenzierung zwischen Muskulatur und Narbengewebe im Vergleich zur konventionellen Sonographie wurde geprüft.

Die Untersuchung der 58 Patienten mit Postdiskotomiesyndrom ließ auf keinen signifikanten Zusammenhang zwischen postoperativem muskulären Narbengewebe und den sich klinisch manifestierenden Schmerzen schließen. Hierbei fand sich keine Korrelation zwischen Größe der Narbe und Intensität der Schmerzen bzw. Ausmaß der klinischen Symptome wie Bewegungsverlust, motorische Ausfälle und Parästhesien. Es zeigte sich lediglich eine signifikant größere Narbe bei Patienten mit positivem Lasegue-Zeichen unter 30 Grad im Gegensatz zu Patienten mit positivem Testergebnis ab 30 Grad, was wiederum auf einen Zusammenhang zwischen Narbe und Schmerzausprägung hindeutet. Das Compounding-Verfahren zeigte im Vergleich zur konventionellen Sonographie durch Reduktion von Speckles eine Überlegenheit bezüglich der Abgrenzung der Narbe. Die mittels Compounding-Verfahren erfassten Daten waren hinsichtlich ihrer Aussagekraft jedoch nicht in dem Maße zuverlässig wie angenommen wurde. Trotz Minimierung der Anzahl der Speckles sowie Zuhilfenahme von Dämpfung und Einfärbung konnten aufgrund unterschiedlicher individueller Gewebebeschaffenheit nur im beschränkten Maße Aussagen über die tatsächliche Ausdehnung des Narbengewebes getroffen werden. Hinzu kam, dass die Ergebnisse dieser Untersuchungsmethode in einem gewissen Maße Untersucher-abhängig waren. Somit kann diese Untersuchungsmethode als ergänzendes, diagnostisches

Hilfsmittel hinzugezogen werden, wobei Aussagen nur in begrenztem Ausmaß möglich sind. Hinsichtlich der Ätiologie des Postdiskotomiesyndroms kamen verschiedene Autoren zu divergierenden Ergebnissen.

Während eine unterschiedliche Einschätzung bezüglich der Auswirkung der epiduralen Fibrose auf die klinische Beschwerdesymptomatik erfolgt, werden ebenfalls Stoffwechselprozesse sowie eine Schädigung des Ramus dorsalis des Spinalnervs im Rahmen der Operation hinsichtlich der Schmerzgenese diskutiert. Die meisten Autoren stimmen jedoch überein, dass zur Prävention eines Postdiskotomiesyndroms die strenge Indikationsstellung der Operation sowie ein minimal-invasives Vorgehen mit möglichst geringer Gewebetraumatisierung höchste Priorität besitzen.

IV. Literaturverzeichnis

Bernsmann K., Krämer J. et al.

Lumbar micro disc surgery with and without autologous fat graft

Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, August 2001, Volume 121, Number 8

Brinks, K.

Volumetrische Messungen zur Entwicklung eines neuen Operationsverfahrens zur Behandlung des lumbalen Bandscheibenvorfalles im offenen Kernspintomographen

Dissertation, Tübingen, 2002

Burton C. V., Kirkaldy- Willis W.H., Yong-Hing K., Heithoff K. B.

Causes of failure of surgery on the lumbar spine

Clin Orthop, 1981, 157 p191-9

Cassar-Pullicino V.N.

MRI of the ageing and herniating intervertebral disc

Eur J Radiol (Ireland), Jul 1998, 27(3) p214-28

Coskun E., Suzer T., Topuz O. et al.

Relationships between epidural fibrosis, pain, disability, and psychological factors after lumbar disc surgery

Eur Spine J (Germany), Jun 2000, 9(3) p218-23

Dullerud R. et al.

Influence of fibrinolytic factors on scar formation after lumbar discectomy

Spine, 1998, 23(13) p1464-1468

Dumoulin K., Devulder J., Castille F. et al.

A psychoanalytic investigation to improve the success rate of spinal cord stimulation as a treatment for chronic failed back surgery syndrome

Clin J Pain (United States), Mar 1996, 12(1) p43-9

- Eysel P., Rompe J. et al.
Value of imaging techniques in the diagnosis of lumbar intervertebral disk prolapse
Z. Orthop. Ihre Grenzgebiete 132 (5): 371-6, 1994
- Fairbank, J.C., Couper, J., Davies, J.B., & O'Brien, J.P.
The Oswestry low back pain disability questionnaire
Physiotherapy, 1980, 66, 271-273,
- Fan Y.F., Chong V.F.
MRI findings in failed back surgery syndrome
Med J Malaysia (Malaysia), Mar 1995, 50(1) p76-81
- Fandino J., Botana C.
Reoperation after lumbar disc surgery: Results in 130 cases
Acta Neurochir Wien, 1993, 122 (1-2): 102-4
- Fiume D., Sherkat S., Callovini G.M. et al.
Treatment of the failed back surgery syndrome due to lumbo-sacral epidural fibrosis
Acta Neurochir Suppl (Wien) (Austria), 1995, 64 p116-8
- Frank A.M., Trappe A.E., Allgayer B.
Diagnosis of recurrent intervertebral disc prolapse with nuclear magnetic resonance tomography
Neurochirurgia Stuttg., 1993, 36 (5): 141-7
- Fritsch E.W., Heisel J., Rupp S.
The failed back surgery syndrome: reasons, intraoperative findings, and long-term results: a report of 182 operative treatments
Spine (United States), Mar 1 1996, 21(5) p626-33
- Frymoyer J. W.
Predicting disability from low back pain
In: Clin. Orthop., 1992, 279: 101-109
- Grifka J., Witte H., Faustmann P. et al.
Surgical approach in lumbar intervertebral disk displacement. Topographical principles and characteristics
Orthopade (Germany), Jul 1999, 28(7) p572-8
- Hasenbring M.
Chronifizierung bandscheibenbedingter Schmerzen
Schattauer, Stuttgart, 1992
- Hoffmann R. M.
Surgery for herniated lumbar discs: A literature synthesis
Journal of General Internal Medicine, September 1993, Vol 8: 487-496

Holly S., Gilmer M.

Lumbar disk disease: Pathophysiology, Management and Prevention

American Family Physician., 1993, Vol 47, No.5

Jayson M.

The role of vascular damage and fibrosis in the pathogenesis of nerve root damage

Clin Orthop, 1992, 279 p40-48

Johnston J., Matheny J.

Microscopic lysis of lumbar adhesive arachnoiditis

Spine, 1978, 3 p36-39

Jorgensen J. et al.

A clinical and radiological study of lower spinal arachnoiditis

Neuroradiology, 1975, 9 p139-44

Junghanns H.

Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheiben als Grundlage für klinische Betrachtungen

Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. Chir., 1951, 227:393-417

Kastner J.

Der Einfluss von kognitiven Faktoren zu Gesundheit und Krankheit auf die Anwendung von Bewältigungsstrategien bei chronischen Schmerzpatienten

Dissertation, Bochum, 2004

Kohlmann T., Schmidt C.

Rückenschmerzen in Deutschland, eine epidemiologische Bestandsaufnahme

Orthopädie und Rheuma, 2005, 1:6-8

Komp M. et al.

Der lateral tranforaminale und interlaminäre Zugang für die vollendoskopische Operation des lumbalen Bandscheibenvorfalles

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2006

Krämer J., Klein W.

Das Postdiskotomiesyndrom

Orthop. Prax., 1980, 1, 20-24

Krämer J.

Bandscheibenbedingte Erkrankungen

Thieme Verlag, 1997

Krämer J. et al.

Orthopädie

Springer Verlag, 1998

Krämer J.
Predictors for complications and unsatisfactory outcome in lumbar intervertebral disk operation
Z Orthop Ihre Grenzgeb (Germany), Jan-Feb 2000, 138(1) pOa8-11

Krämer J.
MRT-Atlas der Lendenwirbelsäule
Thieme Stuttgart, 2001

Krämer J., Grifka J.
Stadien der Bandscheibendegeneration
Orthopädie, Unfallchirurgie, Springer Verlag, 2007, S.157

Küllmer K., Rompe J. D., Lowe A. et al.
Ultrasound image of the lumbar spine and the lumbosacral transition. Ultrasound anatomy and possibilities for ultrasonically-controlled facet joint infiltration
Z Orthop Ihre Grenzgeb (Germany), Jul-Aug 1997, 135(4) p310-4

Kutschera H.P., Lack W., Buchelt M. et al.
Comparative study of surface displacement in discs following chemonucleolysis and lasernucleotomy
Lasers Surg Med (United States), 1998, 22(5) p275-80

Lühmann D. et al.
Minimal-invasive Verfahren zur Behandlung des Bandscheibenvorfalls
GMS Health Technol Assess, 2005

Luitjens A.
Therapieerfolg und prediktiver Wert klinischer Befunde für die konservative und operative Behandlung des lumbalen Bandscheibenvorfalls
Dissertation, 1998, Bochum

Manchikanti L., Bakhit C.
Percutaneous Lysis of Epidural Adhesions
Pain Phys, 2000 3:46-64

Maronde K.
Prospektive Einzelfallstudie zur Narbenentwicklung und zum Innervationsverhalten der lumbalen Rückenmuskulatur bei Patienten mit mikrochirurgischer Bandscheibenoperation
Dissertation, 2006, Regensburg

Miller B. et al.
Interdisciplinary Treatment of FBSS: A comparison of FBSS and NON-FBSS Patients
Pain Pract, Sep 2005, 5(3): 190-202

- Möller, J.
Das Profil des Postdiskotomiesyndrom-Patienten
Dissertation, 2003, Bochum
- Murrish S.
Der Vergleich der mittelfristigen Ergebnisse konventioneller und mikrochirurgischer Operationen lumbaler Bandscheibenvorfälle
Inaugural-Dissertation., 1993, Marburg
- Nykvist F.
Clinical, social and psychological factors and outcome in a 5 year follow-up study of 276 patients hospitalized because of suspected lumbar disc herniation
1991, Studies 12: 107-112
- Pesavento A.
Quantitative Ultraschallabbildungsverfahren für die Muskeldiagnostik
Dissertation, 1999, Bochum
- Ruetten S., Komp M., Godolias G.
Full-Endoscopic Interlaminar and Transforaminal Lumbar Discectomy: Materials and Methods
Spine, 2008, 33(9):931-939
- Schimizzi A.L. et al.
High-molecular-weight hyaluronan inhibits macrophage proliferation and cytokine release in early wound of a preclinical postlaminectomy rat model
Spine J., Sep-Oct 2006, 6(5): 550-6
- Schmid U.D.
Microsurgery of lumbar disc prolapse. Superior results of microsurgery as compared to standard- and percutaneous procedures (review of literature)
Nervenarzt (Germany), Apr 2000, 71(4) p265-74
- Schubeus P., Sander B.
Wertigkeit bildgebender Verfahren bei der Diagnostik von Bandscheibenerkrankungen
Praktische Orthopädie, 1994, Bd. 24, Thieme, S. 7-15
- Sobotta
Atlas der Anatomie des Menschen
Verlag Urban und Schwarzenberg, 1993, S. 25
- Waguespack A. et al.
Etiology of long-term failures of lumbar spine surgery
Pain Med., Mar 2002 Mar, 3(1): 18-22

Warnecke K., Friedrich H.

Die Ergebnisse der Bandscheibenoperation im fortgeschrittenen Lebensalter
Neurochirurgia, 1990, 33 (2): 45-9

VII. Anhang

Einmaliger Fragebogen:

Name: _____

Datum: _____

Geburtsdatum: _____

Größe: _____ cm

Dauer der Beschwerden vor dem stationären Aufenthalt: _____ Wochen _____ Monate

Rückenschmerzen oder Unfälle in der Kindheit: _____

wesentliche Erkrankungen:

Herz-Kreislauf _____
Diabetes mellitus _____
Rheuma _____
maligne Erkrankungen _____

Rückenbeschwerden in der Familie:

Eltern	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Geschwister	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Kinder	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>

Operationsdatum: _____

Operation wurde durchgeführt in:

Chirurgie ☐
Neurochirurgie ☐
Orthopädie ☐

an welcher Bandscheibe wurde die Operation durchgeführt:

L 3 / L 4 ☐ L 4 / L 5 ☐ L 5 / S 1 ☐rechts ☐ links ☐

Wie lange waren Sie nach der Operation schmerzfrei? _____ Wochen _____ Monate

Therapie nach der Operation:

Massage ☐
Fango ☐
Korsett ☐

Med. Trainingstherapie ☐
Rückenschule ☐

Krankengymnastik ☐
Kur ☐
keine ☐

Name: _____

Zeitpunkt des Therapiebeginns nach der Operation: _____ Wochen _____ Monate

Art der Behandlung vor dem stationären Aufenthalt:

Krankengymnastik ☐
Rückenschule ☐
Massage ☐
Fango ☐

Chirotherapie ☐ Injektionen ☐ lokal ☐
Diodynamik ☐ epidural ☐

bei welchem Arzt (Fachrichtung) _____

Tragen bzw. haben Sie ein Korsett getragen ?

Ja ☐ Nein ☐

Wie lange pro Tag ? _____ Std.

Derzeit bei der Arbeit ?

Ja ☐ Nein ☐

Derzeit bei Belastung ?

Ja ☐ Nein ☐

Seit wann ? _____

Derzeit bei Ruhe ?

Ja ☐ Nein ☐

Sind Sie berufstätig ?

Ja ☐
Nein ☐

Beruf bis zum stationärem Aufenthalt: _____

vorwiegend sitzend ☐
schwer tragend ☐

Seit wann sind Sie arbeitsunfähig (AU): _____ Wochen _____ Monate

AU im letzten Jahr wegen LWS-Beschwerden _____ Wochen _____ Monate

Haben Sie eine Umschulung gemacht:

Ja ☐

Welche: _____

Nein ☐

Rente:

Ja ☐
Nein ☐
Befristet ☐

Rentenantrag gestellt:

Ja ☐
Nein ☐
auf Zeit ☐

EU _____ %

BU _____ %

Dauer _____

Spezieller Untersuchungsbogen LWS

Datum: _____

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Gewicht: _____ kg

Stand:

Fehlhaltung:	keine <input type="checkbox"/>	ipsilateral <input type="checkbox"/>	kontralateral <input type="checkbox"/>		
Lumbalspasmus:	kein <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	rechts <input type="checkbox"/>	links <input type="checkbox"/>
Beckentiefstand	kein <input type="checkbox"/>	rechts _____ cm	links _____ cm		
Klettergriff:	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	Finger-Fußboden-Abstand: _____ cm		
Inklination:	schmerzhaft <input type="checkbox"/>	n. schmerzhaft <input type="checkbox"/>			
Reklination:	schmerzhaft <input type="checkbox"/>	n. schmerzhaft <input type="checkbox"/>			
Rotation:	schmerzhaft <input type="checkbox"/>	n. schmerzhaft <input type="checkbox"/>	rechts <input type="checkbox"/>	links <input type="checkbox"/>	
Seitneigung LWS:	schmerzhaft <input type="checkbox"/>	n. schmerzhaft <input type="checkbox"/>	rechts <input type="checkbox"/>	links <input type="checkbox"/>	
Schober:	Reklination _____ cm/	N 10 cm /	Inklination _____ cm		
Spinettest:	negativ <input type="checkbox"/>	rechts positiv <input type="checkbox"/>	links positiv <input type="checkbox"/>		
Trendelenburg:	negativ <input type="checkbox"/>	rechts positiv <input type="checkbox"/>	links positiv <input type="checkbox"/>		
Vorlaufphänomen:	negativ <input type="checkbox"/>	rechts positiv <input type="checkbox"/>	links positiv <input type="checkbox"/>		
Hackengang re.:	nicht möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Hackengang li.:	nicht möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Zehenspitzenang re.:	n. möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Zehenspitzenang li.:	n. möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Kniestreckung re.:	nicht möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Kniestreckung li.:	nicht möglich <input type="checkbox"/>	eingeschränkt <input type="checkbox"/>	frei <input type="checkbox"/>		
Hautnarbe:	L 3 <input type="checkbox"/>	L 4 <input type="checkbox"/>	L 5 <input type="checkbox"/>	rechts <input type="checkbox"/>	links <input type="checkbox"/>
	keloid <input type="checkbox"/>	gerötet <input type="checkbox"/>	eingezogen <input type="checkbox"/>	reizlos <input type="checkbox"/>	
	Länge _____ cm	quer <input type="checkbox"/>	längs <input type="checkbox"/>		

Rückenlage:

Motorik	rechts	links	
Kniestrecke			0= keine Aktivität
Fußheber			1=Sichtbare Kontraktion
Fußrandheber			2=Bewegung bei Ausschalten der Schwerkraft
Großzehenheber			3=Bewegung gegen Schwerkraft
Fußsenker			4=Bewegungen gegen Widerstand
			5= Normale Kraft

Sensibilität	rechts			links		
	Oberschenkel	Unterschenkel	Fuß	Oberschenkel	Unterschenkel	Fuß
Parästhesien						
Anästhesien						
Hypoästhesien						
Hyperästhesien						
Hyperalgesien						

Pulsstatus	rechts	links
A. femoralis		
A. poplitea		
B. dorsalis pedis		
A. tibialis posterior		

MER

rechts

links

PSR :

ASR :

TPR :

0 = Areflexie

1 = Hyporeflexie

2 = Normoreflexie

3 = Hyperreflexie

4 = Klonus

Schließmuskelstörung : Ja () Miktion / Defäkation

Nein ()

Sonstiges :

Hüftbeweglichkeit : normal () nicht normal () schmerzhaft () eingeschränkt ()

Beugung (130-140°) _____ / 0° / Streckung (15°) _____

Innenrotation (40-50°) _____ / 0° / Außenrotation (30-40°) _____

Adduktion (20-30°) _____ / 0° / Abduktion (30-45°) _____

Lasègue :

negativ ()

rechts positiv () _____° links positiv () _____°

kontralateraler Lasègue :

negativ ()

rechts positiv () _____° links positiv () _____°

Bragard :

negativ ()

rechts positiv () links positiv ()

Viererzeichen :

negativ ()

rechts positiv () links positiv ()

Bauchlage

Femoralisdehnungsschmerz : negativ () rechts positiv () links positiv ()

3-Stufen-Hyperabduktionstest : 1) negativ () rechts positiv () links positiv ()

2) negativ () rechts positiv () links positiv ()

3) negativ () rechts positiv () links positiv ()

DS ISG :

kein ()

mäßig ()

stark ()

rechts () links ()

Dauerschmerz :

Druckschmerz DF :

Druckschmerz über Facetten :

RECHTS				LINKS			
L3	L4	L5	S1	L3	L4	L5	S1

Befunde

Veränderungen in bildgebenden Verfahren : _____

Sonstiges : _____

Oswestry Score nach Fairbank et al.

Zutreffende Punktzahl bitte ankreuzen

<u>1. Schmerzintensität</u>	Punkte
Ich kann meinen Schmerz ertragen, ohne Schmerzmittel zu nehmen	0
Der Schmerz ist heftig, aber ich komme ohne Schmerzmittel zurecht	1
Schmerzmittel machen mich völlig schmerzfrei	2
Schmerzmittel führen zu einer mäßigen Besserung des Schmerzes	3
Schmerzmittel führen zu einer geringen Besserung des Schmerzes	4
Schmerzmittel haben keinen Einfluß auf meinen Schmerz und ich nehme sie nicht	5
<u>2. Persönliche Pflege (waschen, anziehen...)</u>	
Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, ohne daß dadurch zusätzliche Schmerzen ausgelöst werden	0
Ich kann mich normal um mich selbst kümmern, aber es bereitet mir zusätzliche Schmerzen	1
Es bereitet mir Schmerzen und ich bin langsam und vorsichtig	2
Ich benötige ein wenig Hilfe, aber das meiste schaffe ich schon	3
Ich brauche jeden Tag Hilfe in allen Belangen der Selbstpflege	4
Ich kann mich nicht anziehen, nur mühsam waschen und bleibe im Bett	5
<u>3. Heben (Tragen)</u>	
Ich kann schwere Sachen ohne zusätzliche Schmerzen heben	0
Ich kann schwere Sachen heben, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen	1
Schmerzen hindern mich daran, schwere Sachen vom Boden zu heben, aber ich schaffe es, wenn sie günstig liegen z.B. auf Tischen	2
Schmerzen hindern mich, schwere Sachen zu heben, aber ich schaffe es leichte bis mittelschwere zu heben, wenn sie günstig liegen	3
Ich kann nur sehr leichte Sachen heben	4
Ich kann nichts heben oder tragen	5
<u>4. Gehen</u>	
Schmerzen hindern mich nicht, ich kann unbegrenzt gehen	0
Schmerzen hindern mich daran mehr als 1.600 m zu gehen	1
Schmerzen hindern mich daran mehr als 800 m zu gehen	2
Schmerzen hindern mich daran mehr als 400 m zu gehen	3
Ich kann nur mit Gehstock oder Krücke gehen	4
Ich liege die meiste Zeit im Bett und muß mich zur Toilette schleppen	5
<u>5. Sitzen</u>	
Ich kann in jedem Stuhl, so lange ich will, sitzen	0
Ich kann nur in meinem Lieblingsstuhl, so lange ich will, sitzen	1
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Std. zu sitzen	2
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als ½ Std. zu sitzen	3
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 min zu sitzen	4
Die Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen	5
<u>6. Stehen</u>	
Ich kann so lange stehen wie ich will, ohne zusätzliche Schmerzen	0
Ich kann so lange stehen wie ich will, aber ich habe dabei zusätzliche Schmerzen	1
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Std. zu stehen	2
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als ½ Std. zu stehen	3
Die Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 min zu stehen	4
Die Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen	5

<u>7. Schlafen</u>	<u>Punkte</u>
Die Schmerzen hindern mich nicht gut zu schlafen	0
Ich schlafe nur gut, wenn ich Tabletten einnehme	1
Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafe ich weniger als 6 Std.	2
Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafe ich weniger als 4 Std.	3
Auch wenn ich Tabletten einnehme, schlafe ich weniger als 2 Std.	4
Ich kann aufgrund der Schmerzen überhaupt nicht schlafen	5

8. Geschlechtsleben

Mein Geschlechtsleben ist normal, es verursacht keine zusätzlichen Schmerzen	0
Mein Geschlechtsleben ist normal, aber es verursacht zusätzliche Schmerzen	1
Mein Geschlechtsleben ist annähernd normal, aber es ist sehr schmerzhaft	2
Mein Geschlechtsleben ist stark eingeschränkt durch den Schmerz	3
Ich habe nahezu kein Geschlechtsleben wegen der Schmerzen	4
Die Schmerzen verhindern jegliches Geschlechtsleben	5

9. Soziale Leben (gesellschaftliche Aktivitäten)

Mein soziales Leben ist normal und verursacht keine zusätzlichen Schmerzen	0
Mein soziales Leben ist normal, aber verstärkt den Schmerz	1
Schmerz hat keine wesentlichen Auswirkungen auf mein soziales Leben, abgesehen davon, daß er die anstrengenden Interessen wie z.B. Tanzen etc. einschränkt	2
Die Schmerzen haben mein soziales Leben eingeschränkt, ich gehe seltener aus	3
Die Schmerzen haben mein soziales Leben auf mein zu Hause reduziert	4
Aufgrund der Schmerzen, habe ich kein soziales Leben mehr	5

10. Reisen

Ich kann überall hin Reisen, ohne zusätzliche Schmerzen	0
Ich kann überall hin Reisen, aber es bereitet mir zusätzl. Schmerzen	1
Die Schmerzen sind schlimm, aber ich schaffe einen Ausflug von mehr als 2 Stunden	2
Die Schmerzen hindern mich an Strecken unter 1 Std.	3
Die Schmerzen hindern mich an kurzen Strecken unter einer $\frac{1}{2}$ Std.	4
Die Schmerzen hindern mich an jeglichen Fahrten, Ausnahme zum Arzt oder ins Krankenhaus	5

Name: _____		OP-Datum: 1/32 3/50 3/50	
Geburtsdatum: 13.12		Segment/Seite: 2/125 (12+1)	
Compound 5 MHz	Standardebene:	Höhe:	
<u>Muskel</u>	links	rechts	
-Muskelfläche in cm	5	5,9	
-Länge x Breite in cm	1	1	
-Standard in cm (2 cm paraspinal)	12	3	
-Muskelfaszie	nicht-blaulich 6/5		
-Septierung			
-vorhanden	+	+	
-partiell aufgehoben			
-vollständig aufgehoben			
-Muskelfasern:			
-normal	+	+	
-echogen			
-echoarm			
-unregelmäßig			
<u>Narbe:</u>			
-Fläche			
-Volumen insgesamt	15+11,4+3,2+6,3 > 35,9+4,5+6,4		
-Ebenenanzahl mit Narbe	4	(2016) (3,1)	
-Ausdehnung im Muskel	1	0,5	0,25 <0,25
-Narbendifferenzierung	gut	mittelschwer	schwierig
-Länge der Hautnarbe in cm			
-Morpologie			
-Vergleich mit Muskel:			
-Besonderheiten:			
Sonographie konventionell 7,5 Hz			
	links	Rechts	
-Standard in cm			
- <u>Muskelfaszie:</u>			
-normal			
-Hernerquellen			
- <u>Septierung:</u>			
-vorhanden			
-partiell aufgehoben			
-vollständig aufgehoben			
- <u>Muskelfasern:</u>			
-normal			
-echoreich			
-echoarm			
-unregelmäßig			
-Narbenausdehnung längs	1	0,5	0,25 <0,25
-Narbenausdehnung quer	1	0,5	0,25 <0,25
-Besonderheiten:			

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. med. J. Grifka für die Anregungen zu dieser Arbeit und dass ich die Promotion unter seiner Leitung abschliessen durfte.

Herrn D. Boluki möchte ich vor allem für die fachlich-orthopädische Unterstützung danken.

Des Weiteren möchte ich Herrn A. Pesavento meinen Dank für die Bereitstellung des Compounding-Verfahrens und für die gute Zusammenarbeit aussprechen.

Curriculum vitae

Name:	Isa Russo, geb. Bialas
Adresse:	Ostfalenstr. 8, 44 269 Dortmund
Geburt:	22.08.1974 in Gießen
Familienstand:	verheiratet
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Schulbildung	
05/94	Abitur in Unna

Hochschulbildung	
10/94-10/00	Studium an der Ruhr-Universität Bochum
08/96	Ärztliche Vorprüfung
08/97	1. Staatsexamen
08/99	2. Staatsexamen
11/00	3. Staatsexamen

Weiterbildung	
03/01-06/01	Akupunkturkurs in Nanjing/China
06/08	Facharztprüfung Innere Medizin

Berufserfahrung	
10/01-12/01	Assistenzärztin, Dermatologie, Bielefeld
01/02-03/08	Assistenzärztin, Innere Medizin, Dortmund
seit 04/08	Assistenzärztin, Pneumologie, Dortmund